

**ISOLASI MIKROORGANISME PENDEGRADASI SELULOSA PADA
LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS)**



Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Sains
Di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

IRMA RAHAYU
NIM: 60500116034

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR**

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Irma Rahayu
NIM : 605001160034
Tempat/tgl Lahir : Tarengge/ 11 Oktober 1996
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Alamat : Rusunawa PNS Baddoka, jalan Batara Bira IV Pai
Judul : Isolasi Mikroorganisme Pendegradasi Selulosa Pada Limbah
Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

Gowa, 31 Maret 2021

Penyusun



Irma Rahayu
Nim: 605001160034

PENGESAHAN PEMBIMBING

Pembimbing penyusun skripsi Irma Rahayu Nim: 60500116034 mahasiswa Jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar. Setelah meneliti dan mengoreksi secara seksama skripsi berjudul “Isolasi dan Identifikasi Mikroorganisme Pendegradasi Selulosa pada Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)” memandang bahwa skripsi tersebut telah memenuhi syarat-syarat ilmiah dan dapat disetujui untuk diseminarkan hasilkan.

Demikian persetujuan ini diberikan untuk diproses lebih lanjut.

Gowa, Juli 2021

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Maswati Baharuddin, M.Si.
NIP: 19780108 200604 2 001



Amalyah Febryanti, S. Si., M. Si.
NIP: 19930219 201903 2 020

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan atas kehadiran Allah swt. karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Isolasi Mikroorganisme Pendegradasi Selulosa Pada Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)”**. Salam serta salawat selalu tercurahkan kepada Rasulullah saw. beserta keluarga dan para sahabatnya.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar. Penulis menyadari bahwa proses selesainya skripsi ini tidak luput dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Dengan demikian, penulis mengucapkan banyak terima kasih terutama kepada kedua orang tua (Marse dan Hartatia) serta keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan baik secara moral maupun materi. Semoga Allah swt. senantiasa melimpahkan rahmat dan berkah-Nya.

Pada kesempatan ini, penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak di bawah ini yang banyak membantu penulis:

1. Bapak Prof. Drs. Hamdan Juhannis M.A, Ph.D, selaku Rektor UIN Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. Muhammad Khalifah Mustami, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar dan sejawaran.

3. Bapak Dr. H. Asri Saleh, ST., M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
4. Ibu Dr. Rismawaty Sikanna, S.Si., M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
5. Ibu Dr. Maswati Baharuddin, M.Si dan Ibu Amalyah Febryanti, S.Si., M.Si, selaku Pembimbing I dan II atas segala bimbingan dan arahnya yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan yang memberikan sangat banyak kontribusi ilmu dan waktunya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Aisyah, S.Si., M.Si dan Bapak Dr. H. Muh. Sadik Sabry, M.Ag, selaku penguji I dan penguji II yang berkenan memberikan kritik dan saran bagi penulis.
7. Seluruh Dosen Jurusan Kimia dan staf serta karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
8. Segenap laboran Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar yang telah banyak membantu dalam proses penelitian. Terkhusus untuk Kak Fitria Azis, S.Si., S.Pd., selaku Laboran di Laboratorium Biokimia yang telah sabar membimbing kami selama proses penelitian berlangsung.
9. Staf Akademik Fakultas Sains dan Teknologi, Terima kasih atas segala didikan dan bantuan yang diberikan kepada kami selama kami kuliah hingga sekarang ini.
10. Teman partner penelitian saudari Nur Asmi dan Lilis Sumarlina yang telah membantu dalam proses penelitian dan penulisan skripsi.

Teman-teman kimia angkatan 2016 terutama kimia A, tim yang sangat selalu mendukung (Nurbaeti HJ, Rima Melani, Nur Indah, Hijrawati, Siti Fatimah Ramadani, Darmawati) dan partner peneliti di Laboratorium Biokimia (Wulan Wahyuningsih, Wirna Dwi Basri, Muliani) yang telah mengorbankan waktu dan tenaganya membantu dalam proses penelitian. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang banyak membantu baik dalam proses penulisan skripsi ini maupun dalam proses penelitian.

Akhir kata penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Selain itu, tulisan ini juga diharapkan dapat dijadikan informasi untuk penelitian selanjutnya. Semoga segala aktifitas keseharian kita selalu bernilai pahala oleh Allah swt. Aamiin Ya Rabbal Aalamiin.

Makassar, Juli 2021

Penulis,



Irma Rahayu
NIM: 60500116034

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	7
B. Selulosa	10
C. Enzim Selulase	11
D. Pemanfaatan Enzim Selulase	14
E. Penentuan Aktivitas dengan Metode DNS.....	15
F. Spektrofotometer UV-Vis.....	16
BAB III METODELOGI PENELITIAN	19
A. Waktu dan Tempat.....	19
B. Alat dan Bahan	19
C. Prosedur Penelitian	20
BAB IV HASIL PEMBAHASAN	23
A. Hasil Penelitian	23
B. Pembahasan	25
1. Isolat Bakteri Selulolitik dari Tanah Tanda Kosong Kelapa Sawit (TKKS) ..	25

2. Hasil Skrining Bakteri	29
5. Persentase Berat Kering.....	30
4. Aktivitas Enzim secara Kuantitatif.....	31
BAB V.....	35
PENUTUP.....	35
A. Kesimpulan	35
B. Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Isolat Bakteri secara Makroskopik.....	24
Tabel 4.2 Uji Kualitatif Indeks Selulosa.....	24
Tabel 4.3 Potensi Degradasi TKKS.....	25
Tabel 4.4 Hasil Aktivitas Rnzim Selulase.....	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	7
Gambar 2.2 Struktur Selulosa.....	11
Gambar 2.3 Degradasi Selulosa oleh Selulase.....	12
Gambar 4.1 Koloni Bakteri yang tumbuh pada Media CMC.....	23
Gambar 4.2 Zona Bening Isolat Pendegradasi Selulosa.....	29
Gambar 4.3 Persentase Degradasi TKKS.....	31
Gambar 4.4 Nilai Aktivitas Enzim Selulolitik.....	33



ABSTRAK

Nama : Irma Rahayu

Nim : 60500116034

Judul : Isolasi Mikroorganisme Pendegradasi Selulosa Pada Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan oleh suatu pabrik industri yang merupakan habitat dari bakteri selulolitik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi morfologi dan menentukan potensi mikroorganisme dalam mendegradasi limbah tandan kosong kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolasi dan identifikasi morfologi bakteri, skrining bakteri, uji degradasi limbah tandan kosong kelapa sawit, serta uji aktivitas enzim dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil yang diperoleh yaitu terdapat 11 jumlah isolat dari proses isolasi. Zona bening terbesar ditunjukkan oleh isolat S₁₀. Potensi biodegradasi terbesar ditunjukkan oleh isolat S₁₀ selama masa inkubasi 7 hari dengan persentase degradasi 13,27% dengan karakteristik morfologi bakteri memiliki koloni berbentuk melingkar, berwarna kuning, tepian gelombang dan rata, elevasi cembung, permukaan halus serta berukuran sedang. Aktivitas enzim yang dihasilkan adalah 0,1308 U/mL.

Kata Kunci: *Congo red*, enzim selulase, Spektrofotometer UV-Vis, dan TKKS

ABSTRACT

Name : Irma Rahayu

Nim : 60500116034

Title : Isolation of Cellulose Degradation Microorganisms in Empty Fruit Bunches (EFB)

Oil palm empty bunches are one of the solid wastes produced by an industrial factory which is a habitat for cellulolytic bacteria. This study aims to identify morphology and determine the potential of microorganisms in degrading oil palm empty bunches. The methods used in this research were isolation of bacteria, identification of bacterial morphology, screening of bacteria, degradation test of EFB, and activity test of enzyme using UV-Vis spectrophotometer. The results obtained were 11 total isolates from the isolation process. The largest clear zone was shown by isolate S₁₀. The greatest biodegradation potential was shown by isolate S₁₀ during an incubation period of seven days with a degradation percentage of 13.27% with the morphological characteristics of the bacteria having colonies of circular shape, yellow color, wave, and flat edges, convex elevation, smooth surface and medium size. The resulting enzyme activity was 0.1308 U / mL.

Keywords : Congo red, cellulase enzymes, UV-Vis Spectrophotometer, and Empty Fruit Bunch.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan tanaman yang toleran terhadap lingkungan sekitar. Perkebunan kelapa sawit daerah Sulawesi Selatan khususnya di daerah Luwu Timur sangatlah banyak sehingga menunjang terbentuknya beberapa pabrik industri kelapa sawit di daerah tersebut. Setiap pabrik industri mengolah kelapa sawit hanya sampai pada minyak mentah kemudian diekspor ke luar negeri untuk diolah kembali. Buah segar kelapa sawit yang masuk ke pabrik akan diolah menghasilkan minyak mentah. Selain menghasilkan minyak juga akan menghasilkan produk samping yaitu limbah, baik berupa limbah cair maupun padatan. Limbah cair merupakan limbah yang dihasilkan dari hasil pencucian buah maupun peralatan yang digunakan pada saat mengolah minyak kelapa sawit, sedangkan limbah padatan berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

TKKS adalah limbah padatan pabrik kelapa sawit yang sangat melimpah. Setiap 1 ton kelapa sawit yang diolah akan menghasilkan TKKS sebesar 22-23% atau sebanyak 220-230 kg (Fadhilah, 2018: 80). Limbah yang dihasilkan TKKS mencapai 5.050.367,60 ton pada tahun 2010 dan 5.176.842,53 ton pada tahun 2011. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik akan meningkat setiap tahun karena meningkatnya kebutuhan minyak kelapa sawit secara nasional. Peningkatan jumlah limbah TKKS dengan berjalannya waktu limbah tersebut tidak tertangani dengan baik sehingga akan menimbulkan pencemaran lingkungan disekitar pabrik kelapa sawit (Tarkono, 2015: 2). Jika TKKS tersebut berada dalam tumpukan dalam waktu beberapa hari saja

maka hal tersebut akan menimbulkan bau yang tidak sedap sehingga dapat mencemari lingkungan sekitar. TKKS memerlukan waktu yang cukup lama untuk dapat terurai karena mengandung selulosa (Rahmasita, 2017: 2337). Limbah yang dihasilkan tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang dijelaskan dalam firman Allah swt. dalam QS al-rūm/30: 41.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Terjemahnya: Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, kerusakan yang terjadi di darat dan di lautan adalah akibat perbuatan manusia. Hal tersebut harusnya disadari oleh manusia dan oleh sebab itu manusia harusnya sadar akan perbuatan yang telah dilakukannya dan harus segera menghentikan perbuatan yang dapat menyebabkan timbulnya kerusakan di darat dan di lautan dan seharusnya melakukan perbuatan baik yang bermanfaat di lingkungan sekitar.

Ayat di atas menjelaskan bahwa telah terjadi kerusakan (fasaadu) di bumi baik di darat (fil-barri) maupun di laut (wal-bahri) yang diakibatkan oleh perbuatan manusia. Salah-satu fenomena kerusakan yang terjadi, yaitu lingkungan yang tercemar. Hal ini terjadi karena pembuangan limbah secara bebas di alam. Padahallimbah tersebut sangat merugikan lingkungan karena itu dapat merubah komposisi lingkungan sehingga makhluk hidup yang berhabitat di sekitarnya mengalami penurunan populasi. Selain itu, kesuburan tanah juga menurun sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Salah satu contoh dari

kerusakan lingkungan adalah maraknya pembuangan limbah kelapa sawit berupa limbah padatan yang biasa disebut dengan TKKS.

Selain ayat diatas, terdapat dalam alquran larangan untuk merusak lingkungan sekitar seperti yang telah dijelaskan dalam firman Allah swt. dalam QS al-a'raf/7:56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Terjemahnya: dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.

Menurut tafsir Ibnu Katsir, sama halnya dengan ayat diatas dalam ayat ini Allah melarang perbuatan manusia yang dapat menimbulkan kerusakan di muka bumi dan sesuatu yang dapat membahayakan kelestarian lingkungan. Sebab apabila ada yang mencoba untuk mengganggu kelestariannya, hal tersebut dapat membahayakan hamba Allah swt. Maka Allah swt. melarang hal tersebut dan terus menyembah-Nya serta berdoa kepada-Nya dengan merendahkan diri memohon belas kasih-Nya. Karena sesungguhnya rahmat Allah selalu berada pada orang-orang yang berbuat baik, yakni mereka yang mengikuti perintah-perintah-Nya dan menjauhi semua larangan-Nya.

Ayat diatas menjelaskan bahwa larangan berbuat kerusakan (tufsiduu) di bumi karena semua ciptaan Allah swt. bermanfaat bagi makhluk hidup. Jika itu tidak dirawat dengan baik maka semua makhluk yang ada di bumi akan dibahayakan. Sesungguhnya segala kebaikan dan keberkahan diperuntukkan oleh orang-orang yang selalu berbuat baik. Salah-satu langkah alternatif yang dapat dilakukan untuk

tidak merusak lingkungan yaitu dengan mendegradasi limbah untuk meminimalisasi sampah TKKS dengan mengubahnya dari selulosa menjadi glukosa.

Selulosa merupakan bagian polisakarida yang dihidrolisis akan menghasilkan monomer selobiosa dan glukosa. Selulosa memiliki sifat sukar larut di dalam air, berbentuk padatan kuat, stabil terhadap panas (Nisa, dkk., 2014: 35). Sekitar 50-90% dari selulosa merupakan bagian kristal dan sisanya merupakan zat amorf yang dihidrolisis. Molekul selulosa tunggal berupa polimer rantai lurus dari β -1.4-glukosida yang saling berikatan dengan ikatan glikosida (Razie, 2011: 44). Selulosa dapat didegradasi dengan menggunakan mikroba yang menghasilkan enzim selulose.

Enzim selulase digunakan untuk menghidrolisis selulosa. Enzim umumnya dapat diperoleh dari hewan maupun tumbuhan yang melakukan reaksi seperti hidrolisis, oksidasi, reduksi, isomerisasi, adisi, transfer radikal, dan pemutusan rantai karbon (Supriyatna, 2015: 19). Ada beberapa faktor yang memengaruhi cara kerja enzim adalah pH, suhu, konsentrasi dan substrat, dan inhibitor (Montesqrit, 2007: 113).

Menurut Ekawati (2012: 32), enam isolat dan lima diantaranya mampu mendegradasi selulosa dengan sangat baik. Enam isolat tersebut tergolong dalam genus *Pseudomonas* sp. Cytophaga sp2. UV5 dengan peluang genus sebesar 78,6%, UV1 dengan peluang genus sebesar 77,6%, *Micrococcus* sp. UV2 dengan peluang genus sebesar 84,1%, *Cellvibrio* sp1. UV3 dengan peluang genus sebesar 74%, *Cellvibrio* sp2. UV4 dengan peluang genus sebesar 83,1%, dan Cytophaga sp1. UV5 dengan peluang genus sebesar 70,5%.

Menurut Purkan (2015: 100), hasil pertumbuhan *Aspergillus niger* mencapai fase log 0 sampai 4 jam, kemudian mulai mengalami pertumbuhan signifikan sampai 24 jam. Sedangkan aktivitas optimum enzim selulase pada pH 4 diperoleh sebesar

0,324 IU/mL. Hal ini disebabkan karena tingginya aktivitas enzim karena adanya gugus aktif rantai samping yang berfungsi sebagai sisi katalitik untuk dapat berikatan kuat dengan substrat. Menurut penelitian Murtiyaningsih (2017: 304), hasil aktivitas harian bakteri yang telah diisolasi dari tanah sampah didapatkan aktivitas tertinggi enzim selulase terjadi pada hari ke-9 dengan besar 0,135 nKat menghasilkan gula reduksi sebanyak 0,0874471 mg/mL. Hasil yang didapatkan berbanding lurus antara aktivitas selulase dan kadar gula reduksi.

Menurut Talantan (2018: 329), aktivitas enzim dapat dilihat dari besar kecilnya zona bening, yang mana apabila zona bening yang terlihat besar maka besar kemungkinan aktivitas enzimnya besar pula. Hasil uji kualitatif yang telah dilakukan, diketahui isolat JIK13 mempunyai diameter 0,57 mm, sedangkan isolat yang memiliki aktivitas rendah yakni 0,02 mm pada isolat JIK4. Selain uji kualitatif dapat pula dilakukan dengan menggunakan uji kuantitatif dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis.

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk melihat ada atau tidaknya gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa. Selain itu juga digunakan untuk mengetahui senyawa yang berkadar besar maupun kecil yang dapat dilihat dari pita yang terbentuk (Triyati, 1985: 47). Pengukuran aktivitas bakteri berdasarkan jumlah glukosa yang dihasilkan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan mengukur absorbansinya dengan panjang gelombang 540 nm dengan menggunakan metode *di-nitro salissilic Acid* (DNS) bereaksi dengan gula reduksi yang akan menghasilkan 3-amino-5-dinitrosalisilat (Murtiyaningsih, 2017: 298). DNS dapat digunakan untuk mengukur gula pereduksi yang dibentuk oleh mikroba serta dapat diaplikasikan pada gula yang mempunyai kadar rendah sekalipun (Argo, 2013: 41).

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana ciri morfologi mikroorganisme yang mampu mendegradasi limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS)?
2. Bagaimana potensi mikroorganisme untuk mendegradasi limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS)?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi morfologi mikroorganisme yang mampu mendegradasi limbah tandan kosong kelapa sawit.
2. Menentukan potensi mikroorganisme untuk mendegradasi limbah tandan kosong kelapa sawit.

D. Manfaat penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah

1. Menginformasikan kepada pembaca bahwa sumber enzim selulase salah satunya dari limbah tandan kosong kelapa sawit.
2. Meningkatkan nilai ekonomis tandan kosong kelapa sawit.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pemisahan buah dari tandan buah segar dalam pembuatan minyak kelapa sawit (Rahmasita, 2017: 2338). Berat rata-rata TKKS yaitu 5,1 kg dengan panjang tandan mencapai 44,8 cm, lebar 35 cm, serta ketebalan mencapai 19,4 cm. Secara umum warna dari TKKS itu sendiri biasanya berwarna coklat dan memiliki penyusun yang terdiri *spikelet* 57,2%, *stalk (bunch basis)* 21,2%, *calyx* 9,1%, duri 5,1%, dan komponen lain 5%. TKKS dibedakan menurut tingkat maturitas buah segar pada saat dipanen, karena pada dasarnya pemanenan buah segar kelapa sawit tidak merata (Afriani, 2015: 80).



Gambar 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)
(Sumber: Afriani, 2015: 80-90)

TKKS yang pertama dilihat dari buah yang belum matang dengan persentase 40% telah terlepas dari tandan namun *spikelet*, *calyx* dan sebagian buah yang tidak terlepas dari tandan membuat tandan lebih padat dan cenderung sulit diuraikan. TKKS yang kedua, kematangan buah mencapai 75% yang telah terlepas pada tandan, namun tandan masih cukup sulit untuk diuraikan karena *spikelet*, *calyx*, dan beberapa

buah masih menempel pada tandan. Sedangkan TKKS yang terakhir yaitu kematangan buah telah mencapai 90% sudah terpisah dari tandan *spikelet* tidak kuat lagi melekat sehingga lebih mudah diuraikan (Afriani, 2015: 80-90).

Menurut Fadhillah (2018: 2), TKKS mempunyai kandungan selulosa sebesar 40% dan lignin 22% serta hemiselulosa 28%. Adapun kandungan TKKS berupa karbon sebesar 2,34%, Nitrogen sebesar 15%, posfor sebesar 0,31%, kalium sebesar 5,53%, kalsium 1,46%, magnesium 0,96%, dan air 52% (Lukas, 2018: 37). Menurut Dewanti, (2018: 82) TKKS tersusun atas beberapa komponen yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut yaitu lignin sebesar 25,83%, holoselulosa sebesar 56,49%, selulosa sebesar 33,25%, hemiselulosa sebesar 23,24%, dan zat ekstraktif 4,19%.

Limbah yang dihasilkan oleh kelapa sawit mengakibatkan pencemaran lingkungan, untuk mengurangi bertumpuknya limbah tersebut biasanya dijadikan sebagai pupuk organik, namun tidak semua TKKS dapat dijadikan sebagai pupuk organik hanya TKKS yang memenuhi kriteria yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Sehingga untuk mengurangi limbah TKKS dapat diolah menjadi bahan tekstil (Murdani, 2017: 1188). Namun tidak semua limbah TKKS dapat diolah secara baik yang menyebabkan masih terdapat limbah yang berserakan di sekitar perindustrian. Hal ini sejalan dengan kandungan al-qur'an yang menegaskan bahwa segala sesuatu yang dicipta Allah swt. tidaklah sia-sia, sebagaimana tertera dalam Q.S. Sad/38: 27.

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا بَاطِلًا ذَلِكَ ظَنُّ الَّذِينَ كَفَرُوا فَوَيْلٌ لِلَّذِينَ كَفَرُوا مِنَ النَّارِ

Terjemahnya: Dan Kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya dengan sia-sia. Itu anggapan orang-orang kafir, maka celakalah orang-orang kafir itu karena mereka akan masuk neraka”.

Menurut tafsir al-misbah menjelaskan bahwa Kami tidak menciptakan langit dan bumi beserta semua yang ada diantara keduanya dengan sia-sia. Ini hanya sangkaan orang-orang kafir akibatnya mereka semena-mena memberikan keputusan sesuai hawa nafsunya. Dan itu, mereka akan mendapatkan siksa yang pedih berupa api neraka.

Ayat diatas memaparkan mengenai segala sesuatu dicipta Allah swt. tidaklah sia-sia (baathilaa) melainkan berguna bagi kelangsungan hidup makhluk hidup. Maka seharusnya sebagai hamba Allah swt. sudah sepantasnya untuk yakin, menjaga dan menggunakan semua ciptaan Allah swt. dengan sebaik-baiknya meskipun sesuatu tersebut berukuran kecil seperti halnya mikroba yang dapat memproduksi enzim selulase sehingga mampu mendegradasi selulosa.

Selain ayat diatas yang menjelaskan tentang tidak adanya ciptaan Allah swt. yang sia-sia, Al-Qur'an juga menyebutkan tentang tumbuh-tumbuhan yang baik seperti dalam Q.S. Asy-Syu'ara'/26: 7.

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Terjemahnya: Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?

Menurut tafsir Al-Misbah menjelaskan bahwa Kaum musyrikin enggan percaya, bahkan memperolok-olokkan ayat-ayat Allah, sebagaimana diuraikan ayat-ayat yang lalu. Mereka enggan percaya karena bersikap keras kepala. Di sini keadaan mereka dipertanyakan, yakni adakah mereka akan terus mempertahankan kekufuran mereka padahal telah sekian banyak bukti dipaparkan dan terhampar? Apakah mereka enggan memperhatikan gugusan bintang-bintang di langit dan apakah mereka tidak

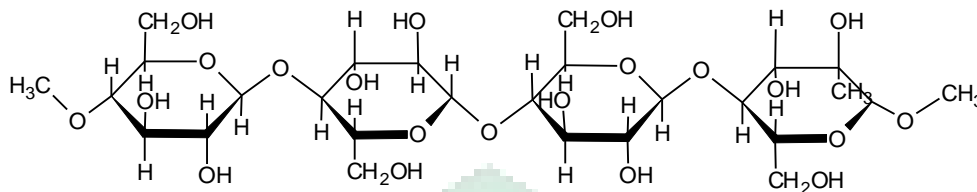
melihat ke bumi yakni mengarahkan pandangan sepanjang, seluas dan seantero bumi berapa banyak Kami telah tumbuhkan di sana dari setiap pasang tumbuhan dengan berbagai macam jenisnya yang kesemuanya tumbuh subur lagi bermanfaat. Kata (ilâ) ke pada firman-Nya di awal ayat ini: (awalam yarâ ilâ al-ardh) apakah mereka tidak melihat ke bumi, merupakan kata yang mengandung makna batas akhir. Ia berfungsi memperluas arah pandangan hingga batas akhir, dengan demikian ayat ini mengundang manusia untuk mengarahkan pandangan hingga batas kemampuannya memandang sampai mencakup seantero bumi, dengan aneka tanah dan tumbuhannya dan aneka keajaiban yang terhampar pada tumbuh- tumbuhannya.

Kata (zauj) berarti pasangan. Pasangan yang dimaksud ayat ini adalah pasangan tumbuh-tumbuhan, karena tumbuhan muncul di celah-celah tanah yang terhampar di bumi. Dengan demikian, ayat ini mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan pun memiliki pasangan-pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya. Ada tumbuhan yang memiliki benang sari dan putik sehingga menyatu dalam diri pasangannya dan dalam penyerbukannya tidak membutuhkan pejantan dari bunga lain, dan ada yang memiliki salah satunya saja sehingga membutuhkan pasangan.

B. Selulosa

Selulosa adalah senyawa molekul yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen, senyawa organik ini yang paling melimpah di alam dengan rumus empiris $(C_6H_{10}O_5)_n$, yang mana n berkisar 2000-3000. Molekul selulosa sangat stabil dan memiliki waktu paruh 5-8 juta tahun agar dapat memutuskan ikatan β -glikosidiknya (Bahri, 2015: 38). Selulosa adalah bahan dasar penyusun tumbuhan yang merupakan

metabolit primer. Selulosa termasuk polimer dengan rantai lurus melalui ikatan hidrogen dan gaya Van der Waals (Perez, 2002: 54).



Gambar 2. 2 Struktur Selulosa
(Sumber: Lehniger, 1982: 305)

Selulosa mampu didegradasi oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroba. Enzim tersebut mendegradasi molekul selulosa yang sukar larut menjadi mono atau disakarida sederhana larut yang dapat digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi. Degradasi selulosa merupakan hasil kerja tiga komponen enzim secara sinergis, yaitu endoglukanase yang berfungsi memecah rantai glukosa yang panjang menjadi rantai yang lebih pendek, eksoglukanase berfungsi memotong setiap rantai rangkap dua glukosa, dan β -glukosidase berfungsi memecah selobiosa menjadi molekul glukosa (Razie, 2011: 44).

Selulosa berupa zat padat berbentuk kristal yang tidak mudah larut dalam air, alkali, dan pelarut organik. Dalam keadaan dingin, selulosa cukup tahan terhadap pengaruh asam mineral encer serta pengaruh enzim amilase. Pemecahan sempurna dengan asam encer akan terjadi pembentukan molekul-molekul glukosa (Sumardjo, 2009: 230).

C. Enzim Selulase

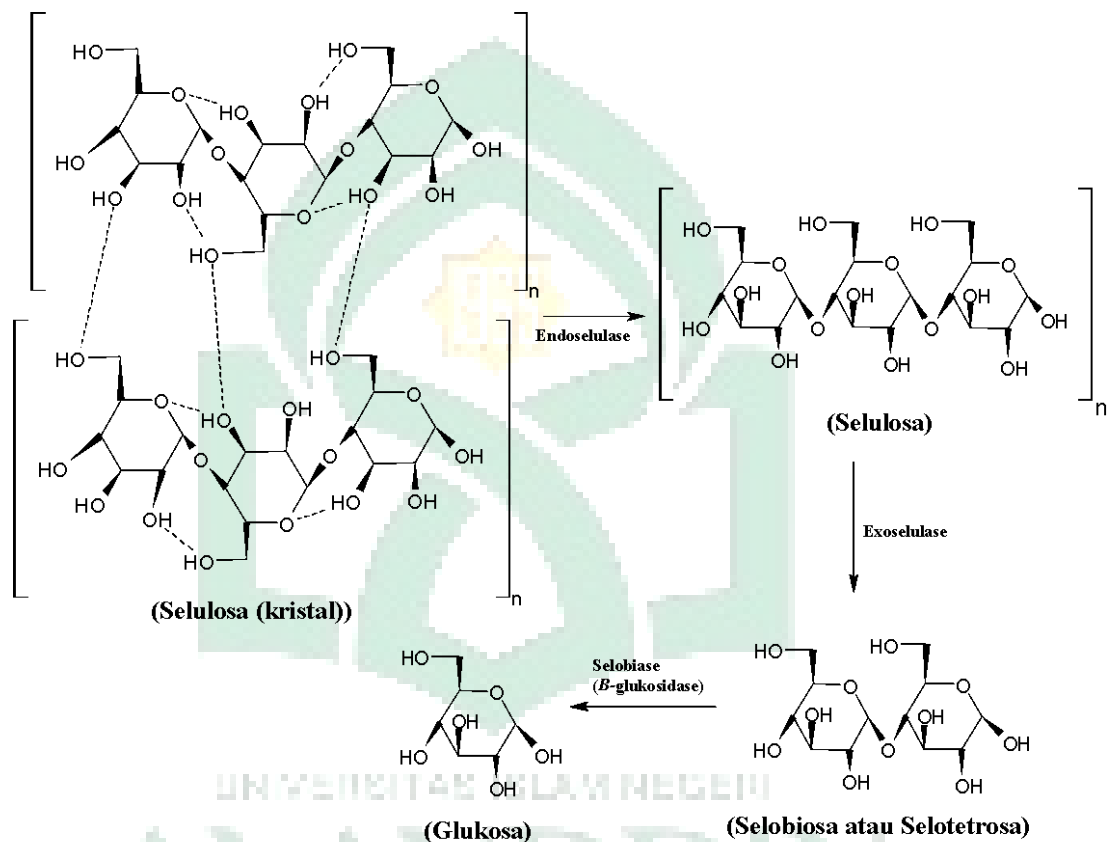
Enzim merupakan biokatalisator yang mampu mengatur dan mempercepat jalannya reaksi kimia namun tidak ikut bereaksi. Enzim umumnya dapat diperoleh pada hewan maupun tumbuhan yang melakukan reaksi seperti hidrolisis, reduksi,

oksidasi, isomerisasi, adisi, transfer radikal, dan pemutusan rantai karbon (Supriyatna, 2015: 19). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan enzim adalah pH dan suhu fermentasi. Nilai pH untuk memproduksi enzim bergantung pada jenis mikroorganisme yang digunakan (Montesqrit, 2007: 113). Selain suhu dan pH faktor yang mempengaruhi lainnya adalah inhibitor dan aktivator, disebabkan enzim tertentu memiliki pH dan suhu optimum. Jika dilakukan dalam suhu yang optimum maka aktivitas enzim akan berkurang begitu pula jika dilakukan dengan suhu rendah (Nurkhotimah, 2017: 466).

Mikroorganisme untuk memproduksi enzim selulase adalah kapang dan bakteri. Namun yang paling banyak digunakan adalah kapang karena kapang mampu memproduksi enzim selulose dengan baik dibandingkan dengan bakteri. Ada beberapa kapang yang mampu memproduksi enzim yang baik yaitu *Trichoderma reesi*, *T. viride*, *T. koninggil*, *Aspergillus terreus*, *A. niger*, *Penicillium verruculosum*, *P. fomiculosum*, *Fusarium sola*, dan *Phanerochaeta chrysosporium* (Montesqrit, 2007: 113). Selain kapang dan bakteri yang digunakan dalam memproduksi enzim selulose, dapat juga menggunakan jamur yang berfilamen seperti *Trichoderma* dan *Aspergillus* (Safaria, 2013: 46).

Enzim selulase adalah enzim yang dapat melakukan pemutusan rantai ikatan glikosidik β -1,4 dalam selulosa, selodektrin, selubiosa, dan turunan selulosa yang lain dan menghidrolisis selulosa menjadi gula yang lebih sederhana (Dini, 2014: 70). Substrat selulosa yang memiliki bentuk kristalin dapat dipotong oleh enzim selulase yang menunjukkan adanya aktivitas enzim ekso-1,4- β -glukanase atau selobiohidrolase. (Razie, 2011: 47). Namun terlebih dahulu yang berperan adalah endo- β -1,4-glukanase yang memotong rantai selulosa secara acak sehingga memutuskan ikatan selulosa dan diserang oleh ekso-1,4- β -glukanase yang

menghasilkan oligosakarida dengan ujung rantai bebas. Yang mana ujung rantai oligosakarida menjadi selobiosa, yaitu dua molekul glukosa yang berikatan secara β -1,4-glikosidik (Murtiyaningsih, 2017: 305).



Gambar 2.3 Degradasi Selulosa oleh Selulase

Menurut Murtiyaningsih (2017: 294), limbah yang terdapat diatas tanah memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, maka hal tersebut lebih memungkinkan adanya bakteri pendegradasi selulosa di dalam tanah tempat limbah itu. Ada beberapa genus bakteri yang dapat mendegradasi selulosa diantaranya adalah *achromobacter*, *angiococcus*, *bacillus*, *cellulomonas*, *cytophaga*, *clostridium*,

cellivibro, flovobacterium, pseudomonas, poliangium, sporangium, sporocytophaga, vibrio, cellfalcterium, citrobacter, serratia, klebsiella, enterobacter, dan aeromonas.

D. Pemanfaatan Enzim Selulase

Enzim seulase sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam skala perindustrian dan juga skala rumah tangga. Limbah yang dihasilkan dari industri dapat menghasilkan masalah lingkungan, selulosa yang dibutuhkan di rumput laut akan diisolasi bakterinya yang dihasilkan mampu menghasilkan enzim selulase yang dapat mengubah selulosa menjadi glukosa untuk memproduksi biotanol (Dini, 2014: 69). Enzim itu sendiri dapat mengkatalisis senyawa kimia yang dapat menghasilkan senyawa baru tanpa ikut bereaksi, struktur enzim tidak akan berubah setelah bereaksi (Tazkiah, 2017: 17).

Fungsi enzim selulase dalam bidang industri diantaranya digunakan dalam proses bioremediasi, industri pulp dan kertas, penanganan air limbah, pengolahan kopi, produksi protoplas, produksi protein sel tunggal dan lain-lain (Aryani, 2014: 62). Selain dibidang industri enzim selulase juga dimanfaatkan dalam masalah pencemaran beberapa diantaranya yaitu mengurangi jumlah limbah selulosa seperti tumpukan daun, rumput laut disekitar pantai selain itu juga dapat meningkatkan perekonomian dengan memanfaatkan enzim selulase yang memanfaatkan limbah yang diolah menjadi pupuk organik (Murtiyaningsih, 2017: 294).

Menurut Nababan (2019: 191), enzim dapat dimanfaatkan pada saat proses fermentasi dari biomassa menjadi biofuel, sebagai pengganti bahan kimia pada pembuatan alkohol, memperhalus bubur kertas, menjaga warna kain dan mengurangi dampak negatif dari limbah. Menurut Arifin (2019: 31), bakteri selulolitik dapat memanfaatkan sampah dari tempat pembuangan akhir seperti sampah organik, batok

kelapa, dan limbah tanaman jagung untuk diolah kompos, hasil bakteri yang didapatkan adalah *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Escherichia sp.*, dan *Micrococcus sp.*

E. Penentuan Aktivitas dengan Metode DNS

Metode DNS merupakan salah satu senyawa aromatis dapat bereaksi dengan gula reduksi akan menghasilkan 3-amino-5-dinitrosalisilat, senyawa tersebut dapat menyerap dengan kuat radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 540 nm. Metode DNS dilakukan karena metode ini merupakan metode yang umum digunakan untuk mengukur jumlah gula pereduksi yang dihasilkan dan digunakan untuk mengukur aktivitas selulase (Talantan, 2018: 331).

Uji aktivitas selulase bertujuan untuk menunjukkan peranan enzim dalam mendegradasi selulosa dengan menggunakan substrat CMC. Sebanyak 1 mg/mL glukosa dapat dihasilkan dari kemampuan enzim selulose dari satu unit aktivitas enzim. Metode DNS bertujuan menghasilkan jumlah gula pereduksi yang dapat menentukan besarnya aktivitas selulase. Semakin besar aktivitas enzimnya maka semakin banyak pula gula pereduksi yang terbentuk dan semakin tinggi pula nilai absorbansinya (Talantan, 2018: 331).

$$\text{Aktivitas selulase (U/mL)} = \text{konsentrasi glukosa sampel} \times \frac{1000}{v \times t \times BM}$$

$$\text{Absorbansi glukosa sampel : (As- Ab)-(Ak-Ab)}$$

Ket: As : absorbansi sampel

Ab : absorbansi blank

Ak : absorbansi kontrol

T : waktu inkubasi

V : volume enzim

BM : berat molekul

Metode dengan pereaksi DNS digunakan karena lebih mudah dalam melakukannya serta hasil yang diperoleh lebih baik dalam mengukur gula reduksi. Karena tingkat ketelitiannya yang tinggi pereaksi DNS dapat digunakan untuk mengukur gula reduksi yang dihasilkan oleh mikroba serta dapat diaplikasikan pada gula yang mempunyai kadar rendah sekalipun. Namun perlu diperhatikan saat menyimpan pereaksi DNS, karena dapat menyebabkan ketidakstabilan ketika kontak langsung dengan cahaya sehingga disimpan dalam ruangan yang tidak terdapat cahaya (Argo, 2013: 41).

F. Spektrofotometer UV-Vis

Instrumen spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu alat yang dapat digunakan sebagai alat penentu unsur maupun senyawa yang dapat dilihat dari spektrum yang dihasilkan pada gelombang tertentu maupun dapat dilihat dari nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum (Noviarty, 2013: 10). Prinsip kerja dari spektrofotometer UV-Vis adalah apabila terjadi interaksi antara materi atau media larutan dengan energi yang berupa sinar monokromatis, maka sebagian dari sinar tersebut diserap, dipancarkan, dan dipantulkan (Warono, 2013: 59).

Spektrofotometer UV-Vis terbagi menjadi dua bagian yaitu daerah UV dengan panjang gelombang 180-380 nm sedangkan untuk daerah *visible* mempunyai panjang gelombang 380-780 nm, dengan sumber radiasi yang dihasilkan oleh lampu hidrogen atau deuterium dan lampu *filamen* (Warono, 2013: 59). Spektrofotometer dapat digunakan secara kualitatif maupun kuantitatif. Pengukuran secara kualitatif ditentukan dengan adanya puncak-puncak yang dihasilkan melalui panjang gelombang tertentu, sedangkan pengukuran secara kuantitatif dilihat dari nilai

absorbansi yang dihasilkan dari senyawa yang dianalisis, spektrofotometer ini dilandasi oleh hukum Lambert-Beer yaitu apabila suatu media yang transparan dilewati oleh cahaya monokromatis, maka intensitas cahayanya ditransmisikan berbanding lurus dengan tebal dan kepekaan media larutan, maka sebagian cahaya tersebut dipantulkan, diserap, dan sebagian lagi akan dipancarkan (Yanlinastuti, 2016: 23).

Menurut Gandjar dan Rohman (2018: 49-58), spektrofotometer UV-Vis secara umum terdiri dari beberapa bagian yaitu:

1. Sumber Sinar

Sumber sinar berfungsi sebagai sumber sinar untuk mengukur panjang gelombang dengan menggunakan dua lampu yang terpisah. Dua lampu yang terpisah tersebut adalah lampu tungsten yang digunakan dalam sinar tampak yang terbuat dari slogam tungsten dan mampu memancarkan sinar gelombang 350-2.000 nm. Sedangkan lampu yang kedua digunakan lampu deuterium khusus untuk daerah spektrum ultraviolet. Sinar ini mampu memancarkan sumber energi yang tinggi pada panjang gelombang 200-370 nm.

2. Monokromator

Monokromator berfungsi mengubah cahaya dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis yang dilewatkan melalui media larutan. Monokromator terdiri dari dua jenis pada spektrofotometer modern yakni prisma dan kisi difraksi. Prisma berfungsi membelokkan sinar yang melaluinya, ketika sinar polikromatik yang datang dan mengenai permukaan prisma maka terjadi pembiasan pada tingkat yang berbeda sesuai dengan panjang gelombangnya. Panjang gelombang yang telah melewati prisma akan terpisah ke dalam kompnen-komponen panjang gelombang suatu kisi.

3. Kuvet atau sel

Kuvet berfungsi sebagai wadah larutan yang akan diukur absorbansinya yang terbuat dari kaca yang tembus cahaya. Kuvet biasanya memiliki ukuran 1 cm yang tegak lurus dan terdiri dari dua sisi yang berbeda. Kuvet yang baik digunakan memiliki beberapa syarat yaitu permukaan harus sejajar secara optis, tidak berwarna agar semua cahaya dapat ditransmisikan, tidak ikut bereaksi dalam bahan-bahan kimia, tidak rapuh, bentuknya sederhana.

4. Detektor

Detektor akan menangkap sinar yang ditransmisikan oleh larutan dalam kuvet. Kemudian sinar tersebut diubah menjadi sinyal listrik oleh amplifier dan di dalam dekoder ditampilkan dalam bentuk angka-angka pada read out.

5. Read out

Read out berfungsi untuk membaca besarnya arus listrik yang berasal dari detektor.

Adapun prinsip kerja dari spektrofotometer UV-Vis adalah sumber cahaya yang dipancarkan melewati monokromatis. Kemudian monokromator menghamburkan sinar yang ada menjadi pita-pita panjang gelombang yang menandakan setiap gugus kromofor memiliki panjang gelombang yang berbeda satu sama lain. Dari monokromator energi yang didapatkan kemudian diteruskan dan diserap oleh larutan yang berada dalam kuvet, kemudian cahaya yang diserap akan menciptakan sinyal elektrik yang muncul di detektor yang terlihat sebagai angka (Triyati, 42: 1985).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 31 Januari- 22 Oktober 2020. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar dan di Laboratorium Biokimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudddin.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrofotometer UV-Vis *Geneys 20* (Varian, Amerika Serikat), sentrifus dingin *Z 366 K* (*Hermele*, Jerman). Shaker *MASQ 7000* (Thermo Scientific, Amerika Serikat), inkubator *hareus* (Thermo Scientific, Jerman), oven *GmbH* (Memmert, Jerman), autoklaf *yx-280D* (GEA, Jerman), *laminar air flow Isocide 14644-1* (Esco, Singapura), *magnetic stirrer* (*Health*, Amerika Serikat), *sieve shaker AS 200* (*Retsch*, Amerika Serikat), vortex mixer wizard (Velp Scientifica, Italia), neraca analitik *ABS* (Kern, Jerman), penangas air *SH-31* (Maspion, Indonesia), alat-alat gelas *pyrex*, pembakar spiritus, jarum ose, rak tabung dan gegep

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol 96%, akuades, aluminium foil, benang, bunsen, CMC, *congo red*, ekstrak khamir, glukosa ($C_6H_{12}O_6$), kapas, dikalium fosfat (K_2HPO_4), kalium nitrat (KNO_3), lakban, magnesium sulfat ($MgSO_4$), natrium klorida ($NaCl$), *nutrient agar* (NA), *nutrient broth* (NB), dan reagen DNS (*3,5-di nitro salissilic acid*).

C. Prosedur Penelitian

1. Isolasi Bakteri dari Tanah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

a. Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil dari tumpukan TKKS di Pabrik Kelapa Sawit PPTP XXVIII di Kecamatan Burau, Kabupaten Luwu Timur. Pengambilan sampel dilakukan dengan tiga titik. Sampel tanah diambil dengan kedalaman 7-15 cm yang diukur dari permukaan tanah.

b. Pembuatan Medium

1). Pembuatan medium selektif

Medium selektif dibuat dengan melarutkan 1 g CMC, K_2HPO_4 0,5 g, $MgSO_4$ 0,04 g, $CaCl_2$ 0,004 g, KNO_3 0,75 g, ekstrak khamir 0,2 g (Baharuddin, 2014: 61) dan glukosa 0,2 gram serta 1,8 g agar dalam 100 mL akuades (Purkan, 2015: 96). Kemudian dihomogenkan hingga campuran medium tersebut larut. Kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditutup dengan kapas. Setelah itu disterilkan dalam autoklaf pada suhu $121^\circ C$ selama 45 menit. Selanjutnya dituangkan ke dalam cawan petri steril (Purkan, 2015: 96).

2). Pembuatan media produksi

Media produksi dibuat dengan melarutkan 1 g CMC, K_2HPO_4 0,5 g, $MgSO_4$ 0,04 g, $CaCl_2$ 0,004 g, KNO_3 0,75 g, ekstrak khamir 0,2 g (Baharuddin, 2014: 61) dan glukosa 0,2 gram serta 1,8 g agar dalam 100 mL akuades (Purkan, 2015: 96). Kemudian dihomogenkan hingga campuran medium tersebut larut. Kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditutup dengan kapas. Setelah itu disterilkan dalam autoklaf pada suhu $121^\circ C$ selama 45 menit. Selanjutnya dituangkan ke dalam cawan *petri* steril (Purkan, 2015: 96).

3). Pembuatan medium inokulum

Medium inokulum dibuat dengan melarutkan 1 g CMC, K_2HPO_4 0,5 g, $MgSO_4$ 0,04 g, $CaCl_2$ 0,004 g, KNO_3 0,75 g, ekstrak khamir 0,2 g (Baharuddin, 2014: 61) dan glukosa 0,2 g dalam 100 mL akuades (Purkan, 2015: 96). Kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditutup dengan kapas. Setelah itu disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 45 menit. Selanjutnya dituangkan ke dalam cawan *petri* steril (Sholihati, 2015: 83).

c. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Selulosa

Isolasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran. Sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam 9 mL larutan NaCl 85%, kemudian dihomogenkan dengan menggunakan vortex. Dibuat seri pengenceran hingga 10^{-7} (Peristiawati 2018: 7-8). Setelah itu diambil 0,1 mL sampel dari pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} , dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah berisi medium selektif dengan metode sebaran (Murtiyaningsih, 2017: 295). Morfologi yang dihasilkan diinokulasi pada medium yang sama dengan menggunakan metode garis kuadran, kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam (Arifin, 2019: 33).

2. Skrining Bakteri Selulolitik

Sebanyak satu ose isolat ditanam pada media agar CMC, kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Setelah itu, isolat ditetesi dengan pewarna congo *red* 0,1% dan didiamkan selama 20 menit. Kemudian dicuci dengan NaCl 1 M. Selanjutnya dilihat zona bening yang terbentuk disekeliling isolat. Adanya zona bening menunjukkan hasil positif (+) akibat adanya degradasi selulosa oleh enzim selulase (Peristiawati, 2018: 2). Zona bening dapat diukur dengan menggunakan jangka sorong, kemudian dihitung nilai antara diameter zona bening medium terhadap

diameter koloni bakteri (Rawway, 2018: 18), yang dinyatakan sebagai Indeks Selulolitik (IS) dengan rumus menurut Ferbiyanto, *et al.*, (2015: 198):

$$\text{Indeks Selulolitik} = \frac{\text{diameter zona bening-diameter koloni}}{\text{diameter koloni}}$$

3. Penentuan Persentase Berat Kering

Penentuan persentase berat kering dilakukan untuk mengetahui kemampuan degradasi selulolitik dengan menggunakan empat potong TKSS yang telah direndam dengan detergen 1 menit, lalu dibilas dengan akuades, kemudian di oven pada suhu 105 °C selama 5 jam untuk menghilangkan kadar airnya (Yusnia, 13: 2019).

Isolat dengan indeks zona bening yang tinggi diambil secara *aseptic* sebanyak 1 ose yang diinokulasikan ke dalam 25 mL media cair CMC. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam dan dihomogenkan dengan kecepatan 180 *rpm*. Kemudian diambil 10 mL diinokulasikan ke dalam 100 mL media cair CMC. Lalu TKKS yang telah diketahui berat kering awalnya di masukkan ke dalam Erlenmeyer yang telah berisi media cair CMC. Setelah itu diinkubasi selama 10 hari dan digojok dengan *shaker* pada kecepatan 180 *rpm* (Murtiyaningsih, 2017: 297).

$$\text{Kehilangan berat kering (\%)} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Keterangan W_i = berat kering awal sebelum degradasi (gram)

Keterangan W_f = berat kering akhir setelah degradasi (gram)

4. Uji Aktivitas Enzim secara Kuantitatif

Uji aktivitas bakteri dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan reagen 3,5-Di Nitro Salissilic Acid (DNS). Diambil sebanyak 1 mL substrat (CMC 1%) ditambah 1 mL enzim ekstrak kasar lalu dihomogenkan dengan vortex dan diinkubasi selama 60 menit pada suhu 37°C (Talantan, 2018: 326). Kemudian sampel ditambahkan dengan 3 mL DNS dan dimasukkan ke dalam air mendidih selama 10-15 menit hingga berubah warna dan didinginkan. Selanjutnya dilakukan pembuatan larutan kontrol dan larutan blanko. Larutan kontrol dibuat dengan menggunakan 2 mL larutan CMC 1% ditambah 2 mL larutan DNS, kemudian dihomogenkan dengan menggunakan vortex dan dimasukkan dalam air mendidih selama 10-15 menit hingga berubah warna dan didinginkan. Selanjutnya pembuatan larutan blanko, 2 mL DNS dan 2 mL akuades lalu dihomogenkan dan dimasukkan dalam air mendidih selama 10-15 menit hingga berubah warna dan dinginkan. Setelah itu, diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Murtiyaningsih, 2017: 298).

$$E = \frac{C}{BM \text{ glukosa} \times t} \times \frac{H}{E}$$

Keterangan:

AE : aktivitas enzim (Unit/mL)

C : konsentrasi glukosa

t : waktu inkubasi

BM : berat molekul glukosa (180 g/mol)

H : volume total enzim substrat (mL)

E : volume enzim (mL)

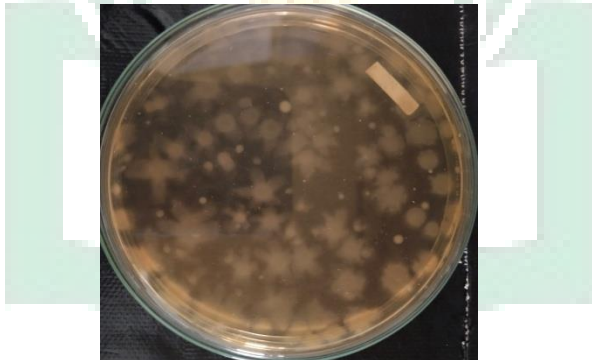
BAB IV

HASIL PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Isolat bakteri dari Tanah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat sembilan isolat bakteri yang diduga dapat mendegradasi selulosa yang bersumber dari salah satu pabrik yang berada di daerah Luwu Timur. Pengamatan dilakukan setelah dua hari masa inkubasi selama 2x24 jam.



Gambar 4.1. Koloni Bakteri yang tumbuh pada media CMC

Seleksi isolat bakteri dilihat dari morfologi yang terbentuk berdasarkan pengamat makroskopik koloni. Pengamatan morfologi isolat yang telah dilakukan meliputi warna, bentuk, tepian, elevasi, permukaan, dan ukuran. Isolat yang tumbuh di atas permukaan agar memperhatikan warna, sifat tembus cahaya, elevasi, dan tepian (Talantan, 2018: 143).

Tabel. 4.1 Karakteristik isolat bakteri secara makroskopik

Kode koloni	Bentuk	Warna	Tepian	Elevasi	Permukaan	Ukuran
S ₁	Melingkar	Putih bening	Rata	Rata	Halus	Kecil
S ₂	Melingkar	Kekuningan	Rata	Cembung	Halus	Kecil
S ₃	Melingkar	Putih bening	Rata	Rata	Halus	Besar
S ₄ dan D ₃	Melingkar	Putih bening	Rata	Rata	Halus	Sedang
S ₅	Melingkar	Kuning	Rata	Cembung	Halus	Sedang
S ₆ dan D ₇	Tidak beraturan	Putih susu	Rata	Umbolate	Halus	Sedang
S ₇ dan D ₁	Melingkar	Putih bening	Rata	Cembung	Halus	Sedang
S ₈	Melingkar	Kuning	Gelombang	Cembung	Halus	Sedang
S ₉	Melingkar	Kuning	Rata	Cembung	Halus	Sedang
S ₁₀	Melingkar	Putih susu	Rata	Cembung	Halus	Besar
S ₁₁	Melingkar	Putih susu	Tidak rata	Datar	Halus	Kecil

2. Indeks Bakteri Selulolitik

Koloni isolat yang mampu menghasilkan zona bening selanjutnya diukur indeks selulolitiknya. Caranya dapat dilakukan dengan membandingkan nilai diameter zona bening dan diameter koloni bakteri (Nababan, 193: 2019).

Tabel. 4.2 Uji Kualitatif Indeks Selulosa

Kode isolat	Diameter zona bening	Diameter koloni	Indeks Solulolitik
S ₂	33,68	20,38	0,6526 mm
S ₃	30,74	19,5	0,5728 mm
S ₄	29,41	19,78	0,4873 mm
S ₅	32,22	25,68	0,4422 mm
S ₆	36,34	25,68	0,4112 mm
D ₇	18,18	7,4	1,4567 mm
S ₁₀	26,86	14,28	0,8809 mm
S ₁₁	30,68	19,64	0,5621 mm

3. Potensi Isolat yang Mampu Mendegradasi TKKS

Tabel 4.3 Potensi Degradasi TKKS

Kode isolat	Sebelum degradasi (g)	Setelah degradasi (g)	Berat kering (%)
S ₂	0,0120	0,0111	7,5
S ₃	0,0107	0,0106	0,93
S ₄	0,0105	0,0101	3,81
S ₁₀	0,0113	0,0098	13,27
S ₁₁	0,0118	0,0109	7,62

4. Aktivitas secara Kuantitatif menggunakan DNS

Tabel 4.4 Hasil Aktivitas Enzim Selulose

Kode isolat	Absorbansi	Konsentrasi glukosa (mg/mL)	Aktivitas (U/mL)
S ₂	1,175	0,5331	0.0493
S ₃	0,889	0,4210	0,0389
S ₄	0,603	0,3009	0,0278
S ₁₀	3,344	1,4135	0,1308
S ₁₁	0,825	0,3910	0,0362

B. Pembahasan

1. Isolat Bakteri Selulolitik dari Tanah Tanda Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Sampel yang diambil untuk selanjutnya diisolasi adalah sampel kompos tandan kelapa sawit yang telah dibiarkan melapuk. Sampel tersebut diambil di Pabrik Kelapa Sawit PPTP XXVIII di kecamatan Burau kabupaten Luwu Timur dengan cara 3 titik pengambilan dengan kedalaman kurang lebih 7-10 cm.

Bakteri selulolitik merupakan suatu bakteri yang mampu mendegradasi selulosa menjadi monomer glukosa yang lebih sederhana (Murtiyaningsih, 2017: 299). Penelitian dilakukan dengan metode pengenceran bertingkat hingga 10^{-6} . Menurut Ariyanti (2016: 144), pengenceran bertingkat dilakukan untuk meperkecil jumlah

mikroba yang tersuspensi dalam cairan, oleh karena itu semakin banyak dilakukan tingkat pengenceran semakin rendah mikroba yang dapat tersuspensi. Sampel terlebih dahulu dihomogenkan selama 30 menit untuk menghomogenkan sampel dengan larutan NaCl fisiologis. Kemudian dilakukan pengenceran bertingkat 1×10^{-1} hingga 1×10^{-6} , masing-masing pengenceran di homogenkan dengan vortex.

Berdasarkan hasil isolasi yang telah dilakukan, koloni bakteri yang didapat tumbuh pada media agar CMC. CMC digunakan karena merupakan substrat yang baik dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dalam menghasilkan selulase (Marina, 2018: 144). Selanjutnya pengamatan morfologi secara makroskopik dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang ada pada setiap koloni yang berbeda. Koloni yang berbeda satu sama lain dipilih berdasarkan bentuk koloni, warna koloni, elevasi koloni, tepian koloni, dan bentuk koloni (Nofu, 2014: 26).

Berdasarkan hasil pengamatan makroskopik morfologi koloni, terdapat sebelas isolat didapatkan dari hasil isolasi yang tertera pada Tabel 4.1 Morfologi isolat S_1 , S_3 , S_4 dan D_3 , dan S_7 mempunyai koloni berbentuk melingkar, warna putih bening, tepian rata, elevasi rata, permukaan halus, dan berukuran kecil hingga sedang. Morfologi bakteri S_2 , S_5 , dan S_9 yang mempunyai koloni berbentuk melingkar, warna kuning, tepian rata, elevasi cembung, permukaan halus dan berukuran sedang.

Koloni yang mempunyai morfologi isolat S_8 dan S_{10} berbentuk melingkar, berwarna kuning, memiliki tepian gelombang dan rata, elevasi cembung, permukaan halus dan berukuran sedang. Morfologi isolat S_6 dan D_7 , dan S_{11} mempunyai koloni berbentuk melingkar dan tidak beraturan, warna putih susu, tepian rata dan tidak rata, elevasi umbonate dan datar, permukaan halus, dan berukuran kecil.

Identifikasi bakteri berdasarkan morfologi koloni isolat S₁, S₃, S₄, dan S₇ dan D₁ yang memiliki karakteristik yang mirip dengan genus *Flavobacterium* yaitu berbentuk melingkar, berwarna putih bening, tepian rata, elevasi cembung. Menurut Nofu (2014: 31), koloni bakteri *Flavobacterium* mempunyai ciri bulat, bertepi rata, berelevasi cembung, dan mempunyai warna putih bening. Selain itu, bakteri ini bersifat gram negatif dan bersel bentuk batang. Menurut Holt *et al.* (1994), genus *Flavobacterium* biasanya berukuran 0,5 x 1,0-3,0 µm, memiliki sel yang berbentuk batang dengan sisi yang sejajar dan berbentuk bulat, tidak memiliki endospora, bersifat gram negatif, serta bersifat aerob, non motil, dan oksidase positif. Menurut Nofu (2014: 30), *Flavobacterium* bersifat gram negatif, berbentuk batang, bermotil dan ada yang tidak bermotil. Terdapat di tanah, air asin, dan air tawar, serta mampu tumbuh pada tempat aerobik dan anarobik.

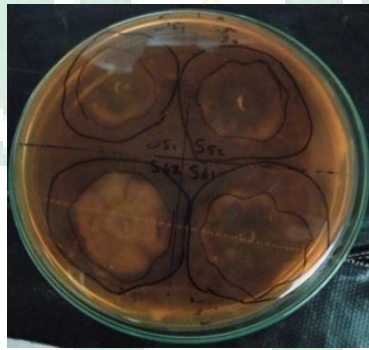
Morfologi isolat S₂, S₅, S₈, S₉, dan S₁₀ yang memiliki kemiripan karakteristik genus *Micrococcus* koloni berbentuk melingkar, warna kuning, tepian rata, elevasi cembung, permukaan halus dan berukuran sedang. Menurut Nofu (2014: 30), *Micrococcus* mempunyai ciri melingkar berwarna kuning. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yulvizar (2013: 5), genus *Micrococcus* berbentuk bulat, berwarna kuning hingga kemerahan, katalase positif, dapat memfermentasi glukosa, laktosa, dan sukrosa dengan uji TSIA, serta dapat hidup pada suhu 25-37 °C. Sedangkan penelitian yang didapat oleh Mulia, dkk., (2009: 11), bakteri genus *Micrococcus* mempunyai bentuk bulat, memiliki tepian halus, elevasi cembung, dan mempunyai warna krem.

Morfologi isolat S₆ dan S₁₁ mempunyai kemiripan terhadap bakteri genus *Bacillus* yang berbentuk melingkar, berwarna putih susu, elevasi umbonate, dan datar, tepian rata, dan tidak rata. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Nofu (2014: 27)

bahwa morfologi bakteri genus *Bacillus* memiliki koloni yang berwarna putih susu, bentuk bulat ataupun tidak beraturan, mempunyai tepi rata maupun tidak rata, katalase positif. Menurut Flori, dkk., (2020: 53), ciri-ciri dari genus *Bacillus* biasanya berwarna putih sampai kekuningan, tapi ada juga yang berpigmen hitam, coklat, orange, merah muda atau kuning. Bakteri tersebut memiliki tepi koloni berbagai macam, biasanya rata, bergelombang sampai beringgit dengan elevasi cembung dan timbul. Selain itu, ukuran koloninya juga yang beragam. Sedangkan menurut Yulvizar (2013: 5), genus *Bacillus* memiliki bentuk sel bulat, bentuk koloni bundar, mempunyai tepian berombak, elevasi cembung, dan berwarna kuning maupun kuning pucat, berbentuk batang dan bermotil, dan mempunyai gram positif. Sedangkan menurut Thoyib (2007: 9), genus *Bacillus* memiliki endospora oval, berwarna putih susu sampai berwarna kuning dan mempunyai tepian yang berombak. Menurut Wulan, dkk (2015: 31), genus *Bacillus* menghasilkan uji indol negatif terhadap reaksi dan sukrosa, dapat memfermentasi glukosa maupun laktosa serta dapat tumbuh pada suhu 28 °C - 35 °C. Menurut Rudiansyah (2017: 261), genus *Bacillus* biasanya menghasilkan selulase pada pH 5-10, memiliki sifat aerob atau anaerob fakultatif, katalase positif, dan dapat beradaptasi dengan suhu, salinitas, dan pH. Sedangkan menurut Dinda dan Maya (2013), genus *Bacillus* merupakan bakteri yang dapat menghasilkan enzim selulase ekstraseluler terbesar selain itu enzim *xylanase* juga dapat ditemukan dikelompok *Bacillus*.

2. Hasil Skrining Bakteri

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan, terdapat sebelas isolat yang mampu mendegradasi selulosa yang ditandai adanya zona bening yang terbentuk disekeliling isolat setelah dilakukan penambahan *congo red* 1% dan dibilas menggunakan larutan NaCl. Masing-masing isolat yang mempunyai zona bening diukur menggunakan jangka sorong (Yusnia, 2019: 14), dari sebelas isolat lima diantaranya yang diduga mampu mendegradasi selulosa setelah dilakukan uji skrining, empat diantaranya tidak mampu menghasilkan zona bening.



Gambar 4.2 Zona bening isolat pendegradasi selulosa

Skrining adalah salah satu cara yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu isolat yang ditandai dengan terbentuknya zona bening disekitar koloni. Menurut Yusnia (2019: 14), isolat yang dapat menghasilkan zona bening bernilai positif, zona bening yang dihasilkan dua kali dari diameter koloni dianggap produser enzim yang potensial. Kemampuan dalam terbentuknya zona bening pada media CMC karena adanya ikatan endo-1,4- β -glukosidase yang diputuskan oleh enzim endo-1,4- β -glukanase pada media CMC yang dihidrolisis (Astriani, 2017: 9).

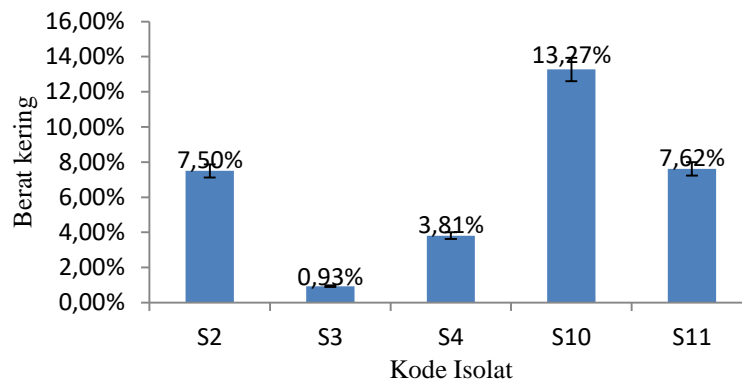
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dari sebelas isolat yang diskriming tidak semua menghasilkan zona bening. Dari sebelas isolat yang diduga

bakteri selulolitik, hanya 7 diantaranya yang mampu menghasilkan zona bening pada media CMC yang telah ditetesi *congo red*. Menurut Murtiyaningsih (2017: 302), *congo red* yang ditetaskan pada media CMC yang sebelumnya telah ditumbuhkan koloni bakteri dengan cara spesifikasikan berikatan dengan polisakarida yang memiliki ikatan β -1,4 glikosida. Sedangkan warna merah yang lainnya menandakan sisa selulosa yang tidak terhidrolisis. Zona bening akan terlihat dengan jelas setelah melalui pencucian dengan menggunakan NaCl 1 M.

Hasil skrining dapat dilihat pada Tabel 4.2, zona bening terbesar terjadi pada isolat S₁₀ sebesar 0,834 mm, isolat S₂ sebesar 0,525 mm, isolat S₃ 0,5646 mm, isolat S₁₁ sebesar 0,5337, dan isolat S₄ sebesar 0,4457 mm. Menurut Nababan (2018: 194) bahwa dalam menggunakan perwarna *congo red* 1%, itu akan masuk ke dalam media agar dan diabsorpsi oleh rantai polisakarida yang memiliki ikatan β -D-glukan. Nilai indeks selulolitik yang dihasilkan penelitian tergolong kategori kecil sampai sedang sebab IS bernilai lebih kecil dari 1 mm (Rudiansyah, 2017: 260). Hasil dari penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian Murtiyaningsih (2017: 303), isolat yang memiliki IS terbesar dengan kode 6.1 yang berasal dari tanah kandang ayam sebesar 1,533 mm dan isolat yang memiliki IS sebesar 0,875 mm dari tanah sampah.

3. Persentase Berat Kering

Pengujian degradasi terhadap TKKS dilakukan untuk mengetahui isolat mampu mendegradasi TKKS. Ada lima isolat memiliki zona bening yang lebih tinggi, isolat tersebut diduga dapat mendegradasi TKKS. Menurut penelitian Fadhillah (2018: 2), TKKS adalah hasil limbah pabrik yang mempunyai kandungan selulosa sebesar 40% dan lignin 22% serta hemiselulosa 28%.



Gambar 4.3 Persentase Degradasi TKKS

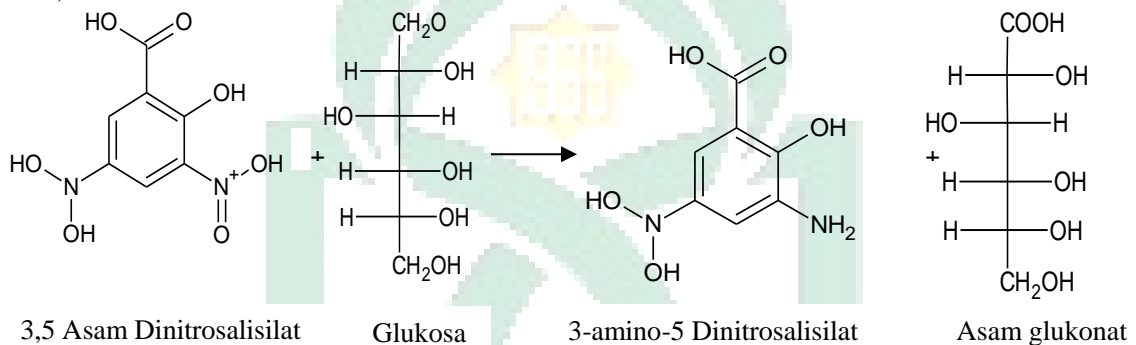
Berdasarkan hasil pengamatan yang didapatkan, persentase degradasi pada penelitian ini merupakan kategori sedang. Menurut Arifin (2019: 35), berkurangnya berat akhir yang dihasilkan mengakibatkan potensi degradasi yang terjadi lebih sedikit atau kecil. Hasil penelitian yang diperoleh Irawati (2017: 58), tingkat degradasi sebesar 9,4% sampai 13,06 %. Berbeda dengan hasil yang didapatkan oleh Ahmad (2020: 5), degradasi selulosa yang dihasilkan sebesar 8%. Sedangkan *Lu et al.*, (2018: 225) melaporkan bahwa isolasi kompos sayuran dapat mendegradasi kertas filter sebesar 26,3%, 24,5%, dan 19,4% setelah 14 hari. Sedangkan penelitian Nababan (2019: 196) hasil persentase degradasi berat kering yang didapat adalah 11,37% hingga 3,32%.

4. Aktivitas Enzim secara Kuantitatif

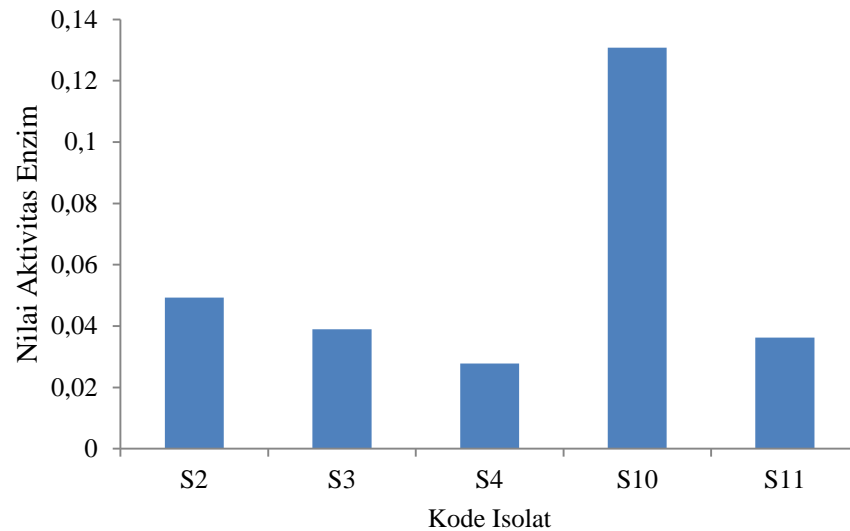
Pengujian aktivitas enzim secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-VIS dan menggunakan larutan DNS. Pengukuran aktivitas enzim dilakukan dengan metode asam di-nitrosalisilat (DNS) dengan hasil hidrolisis berupa gula reduksi. Gula reduksi merupakan monosakarida yang dapat mereduksi senyawa pengoksidasi yang mana asam di-nitrosalisilat direduksi menjadi asam 3-amino-5-

dinitrosasilat (Murtiyaningsih, 2017: 304). Metode ini merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk pengukuran aktivitas enzim selulase karena itu dikenal mudah dalam pengerjaan dan tidak perlu menggunakan sampel yang banyak.

Sebelum dilakukan pengujian, proses sentrifugasi terlebih dahulu dilakukan terhadap sampel selama 15 menit pada kecepatan 4.000 *rpm*, sentrifugasi yang digunakan adalah sentrifus dingin. Sentrifus dingin berfungsi untuk mendapatkan enzim ekstrak kasar yang akan diukur aktivitas enzimnya (Murtiyaningsih, 2017: 297).



Pengujian DNS dilakukan dengan proses pemanasan selama 10-15 menit hingga larutan menunjukkan perubahan warna. Perubahan warna tersebut terjadi karena DNS akan bereaksi dengan gugus aldehida glukosa (Murtiyaningsih, 2017: 303), disaat itupula gugus aldehida gula nantinya mereduksi asam dinitrosalosilat. Reaksi ini akan terjadi hingga larutan yang diuji kehabisan gula pereduksi sehingga perubahan warna dari kuning menjadi jingga kemerahan terjadi (Hasanah, 2015: 1114), besarnya gula tereduksi dapat dilihat dari warna DNS yang dihasilkan, semakin gelap maka semakin besar gula reduksinya (Puspitasari, 2020: 46). Warna yang dihasilkan sebagai data kuantitatif yang terbaca secara kolorimetrik dengan spektrofotometer (Murtiyaningsih, 2017: 303).



Gambar 4.4 Nilai Aktivitas Enzim Selulolitik

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengukuran absorbansi gula reduksi dalam persamaan standar glukosa adalah $y = 2.4635x - 0.1383$ dengan nilai $R^2=0.9987$. Nilai aktivitas enzim selulolitik dapat dilihat dari gambar 4.1 menghasilkan aktivitas enzim pada isolat S₂ 0,0493 U/mL; S₃ 0,0389 U/mL; S₄ 0,0278 U/mL; S₁₀ 0,1308 U/mL; S₁₁ 0,0362 U/mL. Isolat yang memiliki aktivitas enzim tertinggi yaitu S₁₀ sebesar 0,1308 U/mL. Sementara isolat yang memiliki aktivitas enzim terendah yaitu S₄ sebesar 0,0278 U/mL. Hasil ini sesuai dengan pengukuran aktivitas kualitatif dengan metode skrining yang dihitung dari besar diameter zona bening yang didapatkan dari koloni, isolat S₁₀ menghasilkan diameter zona bening terbesar, sedangkan isolat S₄ menghasilkan diameter zona bening rendah. Dapat disimpulkan bahwa aktivitas enzim yang dihasilkan dari penelitian ini cenderung sedang hingga tinggi. Sedangkan menurut Nababan (2019: 194) tentang produksi enzim ekstrak kasar dari bakteri selulolitik hasil uji yang telah didapatkan

termasuk ke dalam kategori yang sedang hingga tinggi, itu dilihat dari pengujian aktivitasnya antara 0,079 IU/mL hingga 0,069 IU/mL dan hasil persentase degradasi berat kering yang didapat adalah 11,37% hingga 3,32%.

Mulyasari, ddk., (2015: 113), memperoleh isloat dari saluran pencernaan ikan gurami, yang dapat mendegradasi substrat dari daun singkong. Nilai ktivitas enzim selulase yang didapatkan dari isolat UG8, UG7, dan UG3 masing-masing hampir sama, yaitu 0,104 U/mL; 0,105 U/mL; dan 0,107 U/mL. Sedangkan hasil penelitian dari Puspitasari, dan Muslimin, (2020: 47), memperoleh isolat bakteri EG 2 yang telah diisolasi dari bungkil kelapa sawit (*Elaesis guineensis jacq*) hasil aktivitas enzim sebesar 0,011 U/mL.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah

1. Ciri morfologi mikroorganisme dalam mendegradasi TKKS yang paling tinggi yaitu memiliki bentuk koloni bulat, berwarna kuning, elevasi cembung, dan permukaan halus serta licin yaitu isolat S₁₀.
2. Potensi mikroorganisme dalam mendegradasi TKKS paling tinggi yaitu 13,27% yang ditunjukkan oleh isolat S₁₀.

B. Saran

Saran pada penelitian selanjutnya adalah mengukur densitas bakteri untuk mengetahui fase optimum pertumbuhan. Selain itu, degradasi selulosa dalam jangka waktu perbulan dalam suhu yang tetap perlu dianalisis.



DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an Al-Karim.

- E., Afriani, A., & Kardiansyah, T. (2015). Potensi Dan Peluang Tandan Kosong Sawit Sebagai Bahan Baku Pulp Dan Kertas: Studi Kasus Di Indonesia. *Jurnal Selulosa*. <https://doi.org/10.25269/jsel.v5i02.79>
- Argo, B. D., & Yulianingsih, R. (2013). Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1), 36–43.
- Arifin, Z., Gunam, I. B. W., Antara, N. S., & Setiyo, Y. (2019). Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Selulosa Dari Kompos. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i01.p04>
- Baharuddin, M., Patong, A. R., Ahmad, A., & Nafie, N. La. (2014). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Simbion Larva Kupu-Kupu *Cossus cossus* Penghasil Enzim Selulase. *Al-Kimia*, 2(2), 58–68.
- Ekawati, E. R., Ni'matuzahroh, N., Surtiningsih, T., & Supriyanto, A. (2012). Eksplorasi Dan Identifikasi Bakteri Selulolitik Pada Limbah Daduk Tebu (*Saccharum Officinarum* L). *Berkala Penelitian Hayati*, 18(1), 31–34. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.18.1.20125>
- Fadhilah, H., & Budiyo, B. (2018). Pengaruh Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Media Tumbuh Jamur Terhadap Produksi dan Sifat Fisik Jamur Merang (*Volvariella volvacea*). *Jurnal Agroindustri*.
- Ferbiyanto, A., Rusmana, I., & Raffiudin, R. (2015). Characterization and Identification of Cellulolytic Bacteria from gut of Worker *Macrotermes gilvus*. *HAYATI Journal of Biosciences*. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2015.07.001>
- Florinus Flori, Mukarlina, dan Rahmawati, (2020). Karakterisasi *Bacillus Spp.* Dan *Fusarium Sp.* Dari Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Di Desa Jaga 1. 9, 50–55.
- Gupta, P., Samant, K., & Sahu, A. (2012). Isolation Of Cellulose-Degrading Bacteria And Determination Of Their Cellulolytic Potential. *International Journal of Microbiology*. <https://doi.org/10.1155/2012/578925>
- Hasanah, N. (2015). Aktivitas Selulase Isolat Jamur Dari Limbah Media Tanam Jamur Merang.1(Imas 2009), 1110–1115. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010524>
- Hanifah Thoyib, Ratna Setianingsih, dan Suranto, (2007). Seleksi dan Identifikasi Bakteri Alkalifilik Penghasil Xilanase dari Tanah Bukit Krakitan, Bayat, Klaten.

Bioteknologi, 4(1), 6–12. <https://doi.org/10.13057/biotek/c040102>

- Irawati, Denny. "Hidrolisis Media Sisa Budidaya Jamur Kuping Menggunakan Tiga Jenis Enzim Selulase". *jurnal Ilmu Kehutanan* 2, no. 3 (2017): 52-62
- Lukas, A., Ngudiwaluyo, S., Mulyono, H., Rosyadi, I., & Noor, I. M. (2007). Kelapa Sawit Menjadi Biokar Sebagai Pupuk Karbon Technical and Financial Aspects on Inceneration of Oil Palm Empty Fruit Bunches Into Biochar as Carbon Fertilizer. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13, 37–42.
- Lu, S. H., Li, B. Q., Zhai, H. L., Zhang, X., & Zhang, Z. Y. (2018). An effective approach to quantitative analysis of ternary amino acids in foxtail millet substrate based on terahertz spectroscopy. *Food Chemistry*, 246(October 2017), 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.016>
- Marina, Oryani Lambui, dan I Nengah Swastika. Karakterisasi Selulosa Asal Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Journal Of Science and Technoligy*, 7(2), 138-147
- Montesqrit, M. (2007). Isolasi dan Karakterisasi Selulase dari *Trichoderma Viride* dan *Rhizopus Spp* dengan Substrat Jerami Padi. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 12(2), 112. <https://doi.org/10.25077/jpi.12.2.112-123.2007>
- Mulia, D. S., Maryanto, H., & Purbomartono, C. (2011). Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Bakteri Pada Lele Dumbo Yang Terserang Penyakit di Kabupaten Banyumas. *Sainteks*, 7(1), 1–15.
- Mulyasari, M., Widanarni, W., Suprayudi, M. A., Junior, M. Z., & Sunarno, T. D. (2015). Seleksi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Daun Singkong (*Manihot Esculenta*) yang diisolasi dari Saluran Pencernaan Ikan Gurame (*Osphronemus Gouramy*) *Selection and Identification of Cellulolytic Bacteria Degrading Cassava Leaf Crude Fib*. 6, 111–121.
- Murtiyaningsih, H., & Hazmi, M. (2017). Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritop*, 15(2), 293–308. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP>.
- Nababan, M., Gunam, I. B. W., & Mahaputra Wijaya, I. M. (2019). Produksi Enzim Selulase Kasar Dari Bakteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 190. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i02.p03>
- Nofu, K., Khotimah, S., & Irwan, L. (2014). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Pendegradasi Selulosa pada Ampas Tebu Kuning (*Bagasse*). *Jurnal Probiot*, 3(1), 25–26.
- Nurkhotimah, N., Yuliati, E., & Rahmawati, A. (2017). Pengaruh Suhu Dan Ph Terhadap Aktivitas Enzim Fosfatase Bakteri Termofilik Sungai Gendol Pasca Erupsi Merapi. *Biologi - SI*, 6(8), 465–471. <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/ojs/index.php/biologi/article/view/7891>

- Pérez, J., Muñoz-Dorado, J., De La Rubia, T., & Martínez, J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: An overview. *International Microbiology*, 5(2), 53–63. <https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3>
- Peristiwa, Natamihardja, Y. S., & Herlini, H. (2018). Isolation and identification of cellulolytic bacteria from termites gut (*Cryptotermes* sp.). *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012173>
- Purkan, Purnama, H., & Sumarsih, S. (2015). Produksi Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* Menggunakan Sekam Padi dan Ampas Tebu sebagai Induser. *Ilmu Dasar*, 16(2), 95–102.
- Puspitasari, D., & Ibrahim, M. (n.d.). Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler Isolasi Bakteri EG 2 Isolasi dari Bungkil Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) *Optimization of EExtracellular Cellulase Activity of Isolate Bacterial EG 2 Isolated from Palm Oilcake (Elaeis guineensis jacq.)*. 9(2003), 42–50.
- Rahmasita, M. E., Farid, M., & Ardhyanta, H. (2017). Analisa Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24332>
- Rawway, M., Ali, S. G., & Badawy, A. S. (2018). Isolation and Identification of Cellulose Degrading Bacteria from Different Sources at Assiut Governorate (Upper Egypt). *Journal of Ecology of Health & Environment*, 6(1), 15–24. <https://doi.org/10.18576/jehe/060103>
- Razie, F., Anas, I., Sutandi, A., Gunarto, L., & Sugiyanta, S. (2011). Aktivitas Enzim Selulase Mikroba Yang Diisolasi Dari Jerami Padi Di Persawahan Pasang Surut Di Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 13(2), 43. <https://doi.org/10.29244/jitl.13.2.43-48>
- Rudiansyah, D., Rahmawati, & Rafdinal. (2017). *Eksplorasi Bakteri Selulolitik dari Tanah Hutan Mangrove Peniti*. 6, 255–262.
- Safaria, S., Idiawati, N., & Zaharah, T. A. (2013). Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. *Jkk*.
- Seneesrisakul, K., Guralp, S. A., Gulari, E., & Chavadej, S. (2017). *Escherichia coli* expressing endoglucanase gene from Thai higher termite bacteria for enzymatic and microbial hydrolysis of cellulosic materials. *Electronic Journal of Biotechnology*, 27, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.03.009>
- Susilowati, A., & Listyawati, S. (2001). Keanekaragaman Jenis Mikroorganisme Sumber Kontaminasi Kultur In vitro di Sub-Lab. Biologi Laboratorium MIPA Pusat UNS. *Universitas Sebalas*.
- Supriyatna, A., Amalia, D., Agustini, J. A., & Holydaziah, D. (2015). Aktivitas Enzim Amilase, Lipase, dan Protease dari Larva *Hermetia illucens* yang Diberi

Pakan Jerami Padi. *Jurnal Istek*.

Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an/M. Quraish Shihab. Jakarta: Lentera Hari, 2002.*

Talantan, V. M., Lambui, O., & Suwastika, I. N. (2018). *Uji Aktivitas Selulase Dari Jamur Selulolitik Asal Tanah Danau Kalimpa ' a Sulawesi Tengah Cellulase Activity Of Cellulolytic Fungi On Soil From Lake Kalimpa ' a Central Sulawesi. 7(3), 323–333.*

Tazkiah, N. P., Rosahdi, T. D., & Supriadin, A. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Enzim Amilase dari Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Al-Kimiya, 4(1), 17–22.* <https://doi.org/10.15575/ak.v4i1.5079>

Warono, D., & Syamsudin. (2013). Unjuk Kerja Spektrofotometer Untuk Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *Konversi, 2(2), 57–65.* <http://puslitbang.bmkg.go.id/jmg/index.php/jmg/article/view/268/pdf>

Yanlinastuti, Anggraini, D., Fatimah, S., & Nampira, Y. (2011). Penentuan Kadar Zirkonium dalam Paduan U-ZR Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS dengan Pengkompleks Arsenazo III. *Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII, November, 567–576.*

Yendania Grevita P., Badriyatur Rahma F., Hellen Septirangga P., & Suarsini, E. (2019). Isolation and Identification of Cellulose Degrading Bacteria from Banana Peel Compost. *El-Hayah, 7(1), 6–11.* <https://doi.org/10.18860/elha.v7i1.7241>

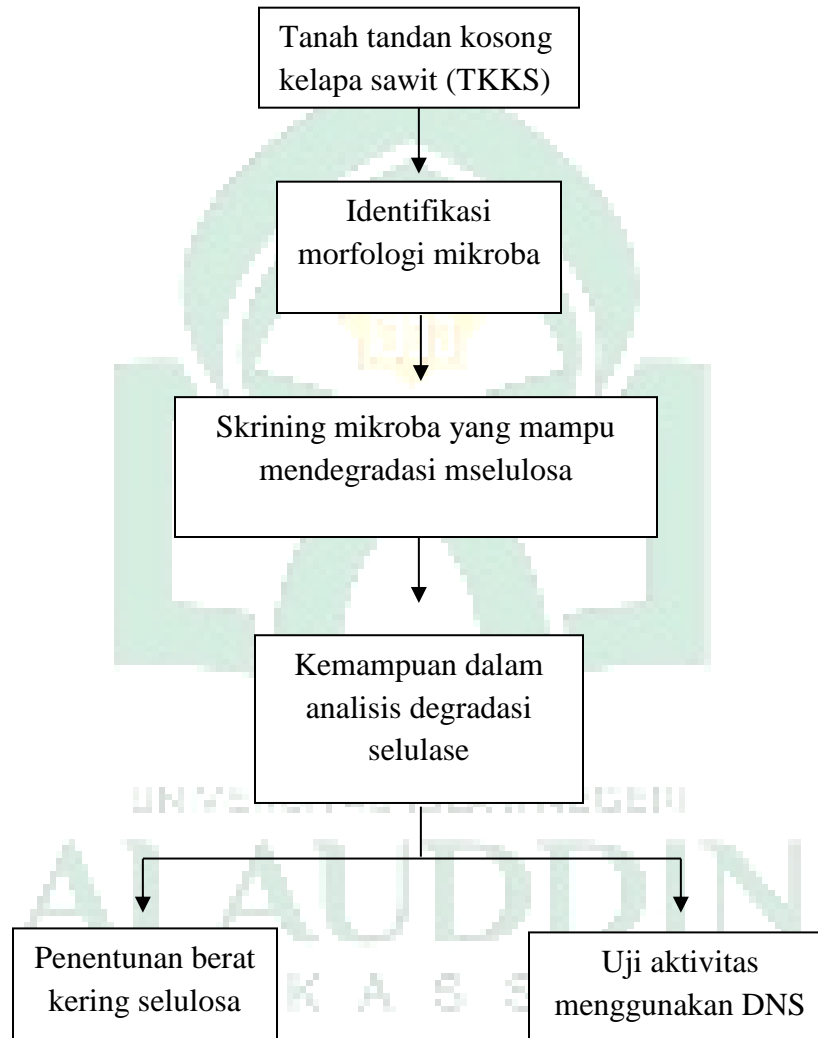
Yulvizar, C. (2013). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Probiotik pada *Rastrelliger sp. Biospecies.*

Yusnia, E. D., Wayan Gunam, I. B., & Semadi Antara, N. (2019). Isolasi Dan Skrining Bakteri Selulolitik Dari Beberapa Tanah Hutan Di Bali. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri, 7(1), 11.* <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i01.p02>

ALAUDDIN
MAKASSAR

LAMPIRAN

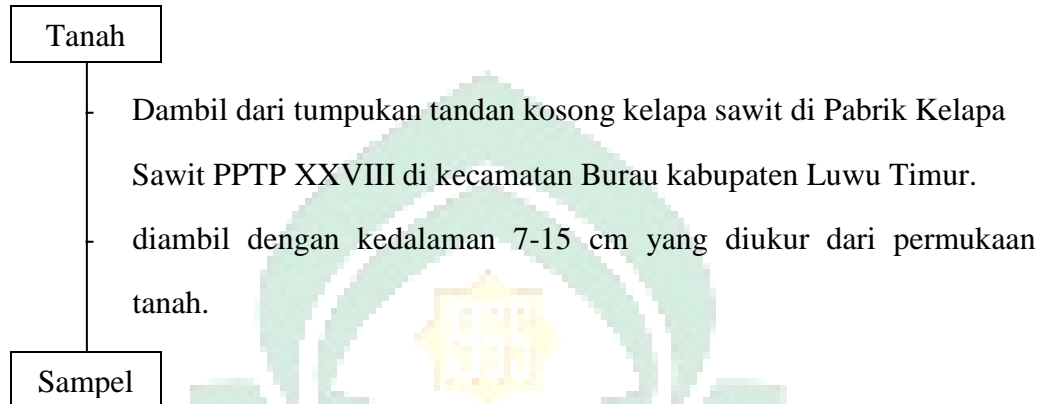
LAMPIRAN 1: SKEMA PENELITIAN



LAMPIRAN 2 : SKEMA PROSEDUR KERJA

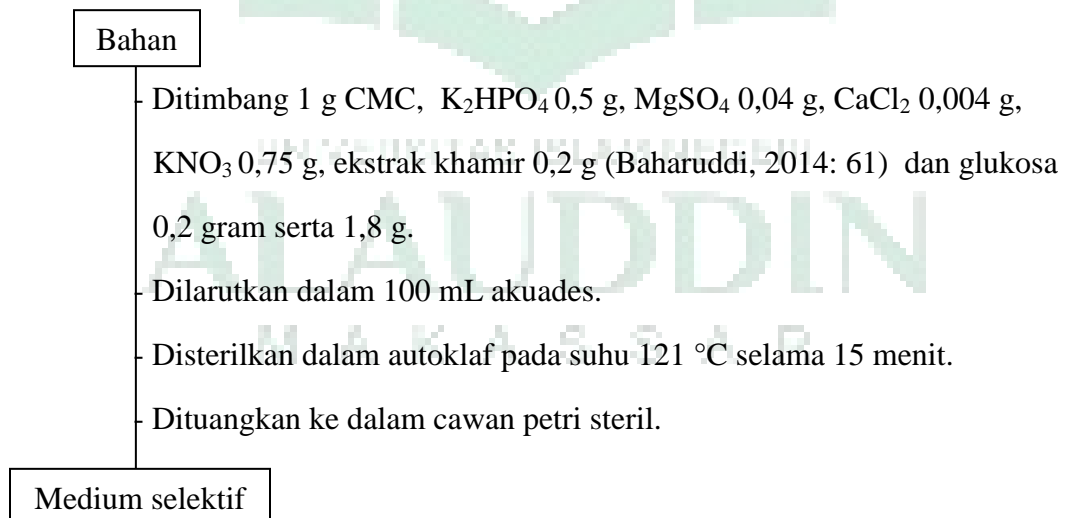
1. Isolasi Bakteri dari Tanah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

a. Preparasi Sampel

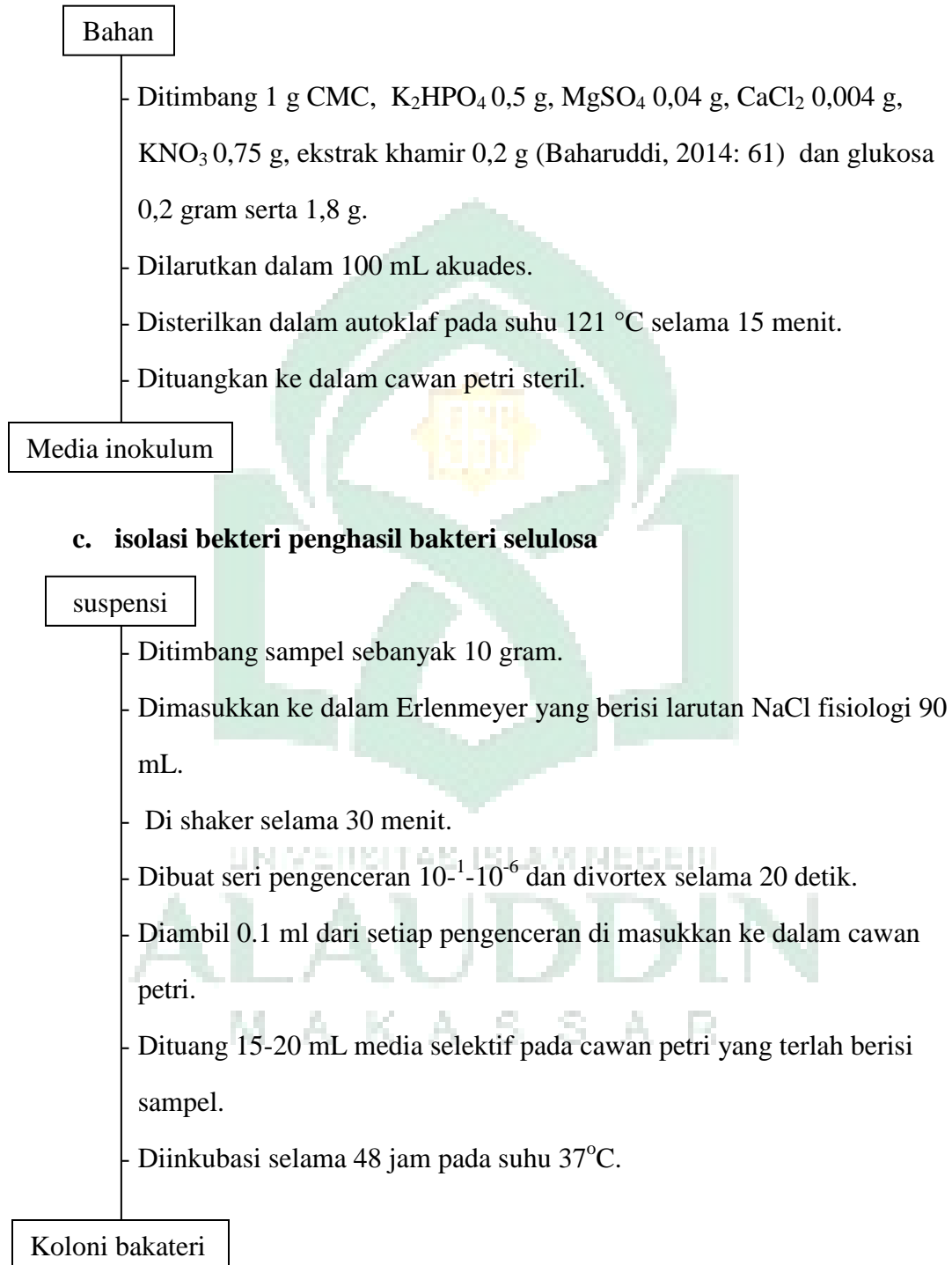


b. Pembuatan Media

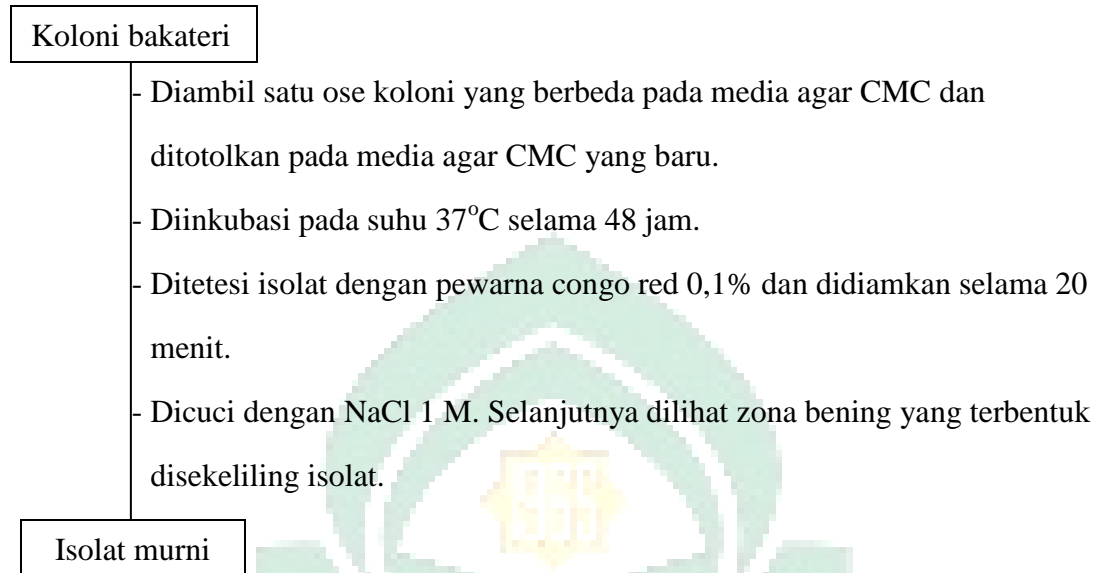
1). Pembuatan media selektif



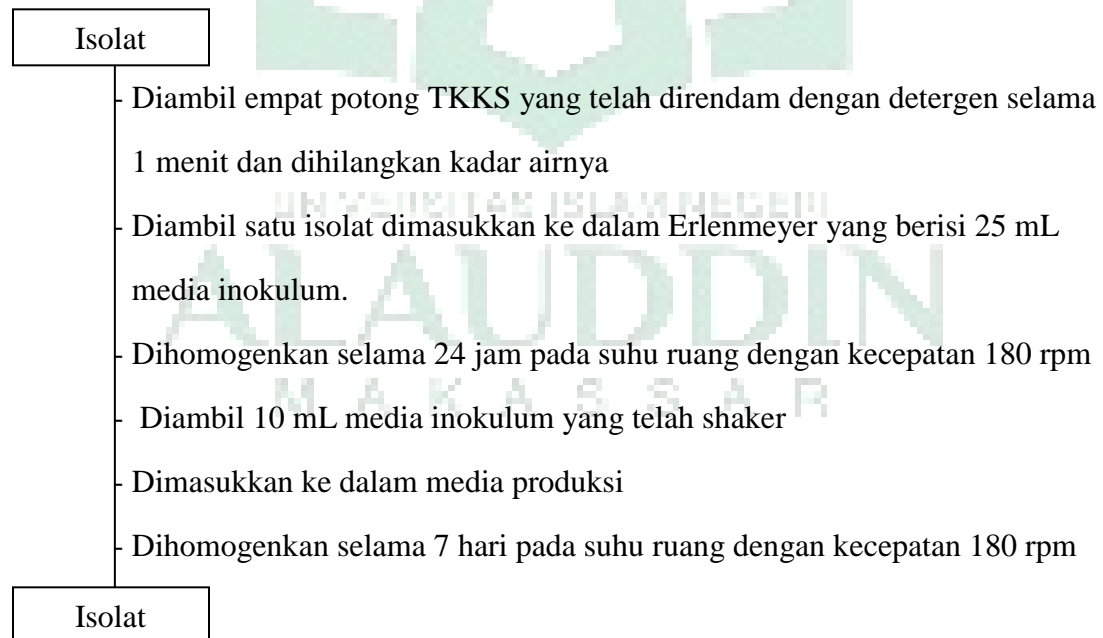
2). Pembuatan media inokulum



2. Skrining bakteri



3. Uji Degradasi bakteri selulolitik



4. Uji Aktivitas Enzim secara Kuantitatif

Media produksi

Diambil sebanyak 1 mL substrat (CMC 1%) ditambah 1 mL enzim ekstrak kasar lalu divortex.

diinkubasi selama 60 menit pada suhu 30 °C

ditambahkan dengan 3 mL DNS

dilakukan pembuatan larutan kontrol dan larutan blanko

dibuat larutan kontrol dengan menggunakan 1 mL larutan CMC 1% ditambah 2 mL larutan DNS

ditambah ekstrak enzim kasar 1 mL, kemudian divortex dan diinkubasi pada wahterbath pada suhu 100 °C selama 10 menit.

Selanjutnya pembuatan larutan blanko, 1 mL larutan CMC 1%, 2 mL DNS dan 1 mL akuades lalu divotex

diinkubasi selama 10 menit pada suhu 100 °C dan dinginkan.

diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm menggunakan spektrofotomter UV-Vis

Absorbansi

LAMPIRAN 3: PERHITUNGAN INDEKS SELULOLITIK (IS)

A. Perhitungan Indek Selulosa Pada Isolasi Pertama

1. Isolat D₁

$$\begin{aligned} IS &= \frac{26.42 - 10.68}{10.68} \\ &= 1.4737 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Isolat D₁

$$\begin{aligned} IS &= \frac{15.6 - 6.14}{6.14} \\ &= 1.5407 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Isolat D₁

$$\begin{aligned} IS &= \frac{18.18 - 7.4}{7.4} \\ &= 1.4567 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Isolat D₁

$$\begin{aligned} IS &= \frac{24.64 - 6.64}{6.64} \\ &= 2.7108 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Isolat D₁

$$\begin{aligned} IS &= \frac{41.42 - 17.2}{17.2} \\ &= 1.4081 \text{ mm} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Indek Selulosa pada Isolasi Kedua

1. Isolat S₂

$$\begin{aligned} \text{IS} &= \frac{33.68 - 20.30}{20.38} \\ &= 0.6526 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Isolat S₃

$$\begin{aligned} \text{IS} &= \frac{30.74 - 19.50}{19.50} \\ &= 0.5728 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Isolat S₄

$$\begin{aligned} \text{IS} &= \frac{29.42 - 19.78}{19.78} \\ &= 0.4873 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Isolat S₅

$$\begin{aligned} \text{IS} &= \frac{32.22 - 9.88}{9.88} \\ &= 0.4422 \text{ mm} \end{aligned}$$

5. Isolat S₆

$$\begin{aligned} \text{IS} &= \frac{36.34 - 25.68}{25.68} \\ &= 0.4112 \text{ mm} \end{aligned}$$

6. Isolat S₁₀

$$\text{IS} = \frac{26.86 - 14.68}{14.68}$$

$$= 0.8809 \text{ mm}$$

7. Isolat S_{11}

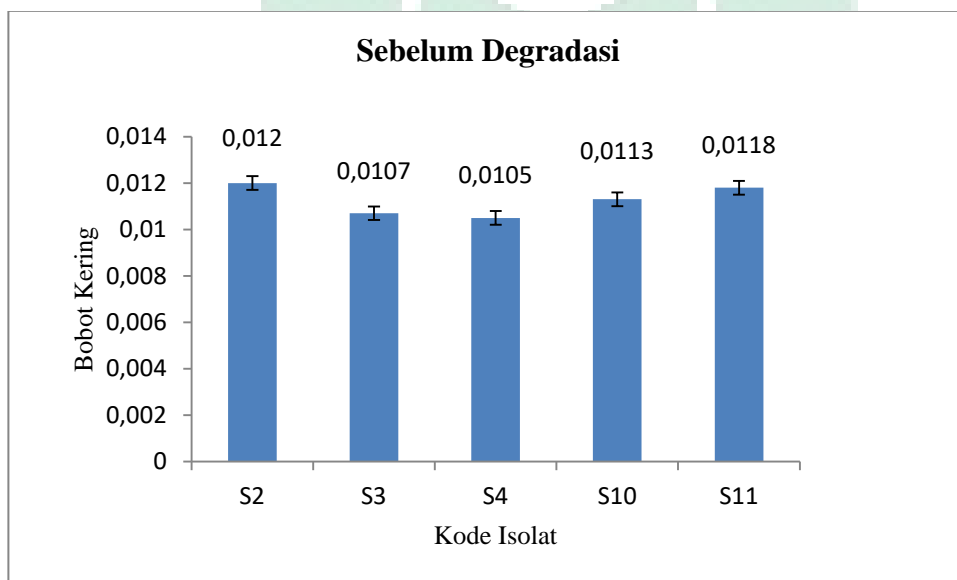
$$IS = \frac{30.68 - 19.64}{19.64}$$

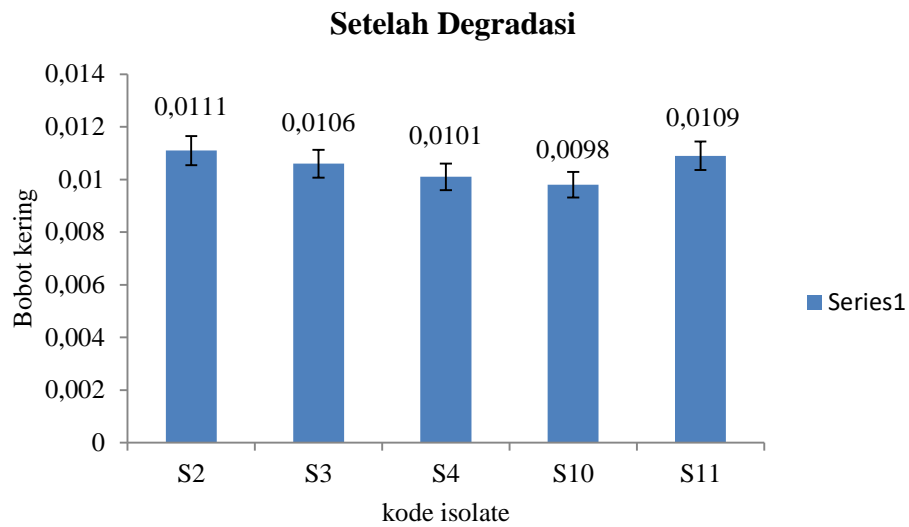
$$= 0.5621 \text{ mm}$$

LAMPIRAN 4 : PENENTUAN BERAT KERING

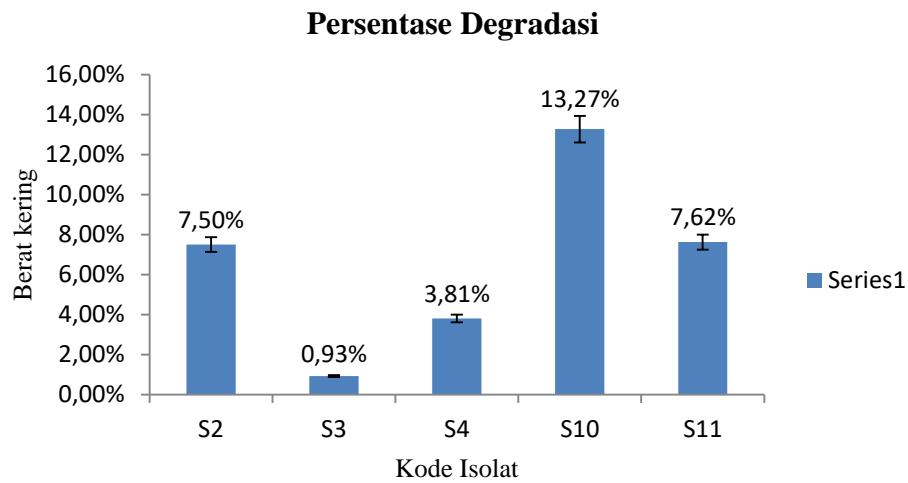
1. Berat Kering Sebelum dan Sesudah Degradasi

Isolat	w_i	w_f
S_2	0.0120	0.0111
S_3	0.0107	0.0106
S_4	0.0105	0.0101
S_{10}	0.0113	0.0098
S_{11}	0.0118	0.0109





2. Persentase Kehilangan Bobot Kering Setelah Degradasi



Isolat	<i>w_i</i>	<i>w_f</i>	<i>w_i-w_f</i>	%
S ₂	0.0120	0.0111	0.009	7.5
S ₃	0.0107	0.0106	0.0001	0.93
S ₄	0.0105	0.0101	0.0004	3.81
S ₁₀	0.0113	0.0098	0.0015	13.27
S ₁₁	0.0118	0.0109	0.0009	7.62

3. Perhitungan Persentase Berat kering TKKS

a. Isolat S₂

$$\text{Kehilangan berat kering} = \frac{0.0120 \text{ g} - 0.0111 \text{ g}}{0.0120 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.0009 \text{ g}}{0.0120 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= 7.5\%$$

b. Isolat S₃

$$\text{Kehilangan berat kering} = \frac{0.0107 \text{ g} - 0.0106 \text{ g}}{0.0107 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.0101 \text{ g}}{0.0107 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= 0.9345 \%$$

c. Isolat S₄

$$\text{Kehilangan berat kering} = \frac{0.0105 \text{ g} - 0.0101 \text{ g}}{0.0105 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.0004 \text{ g}}{0.0105 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= 3.8095\%$$

d. Isolat S₁₀

$$\text{Kehilangan berat kering} = \frac{0.0113 \text{ g} - 0.0098 \text{ g}}{0.0113 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0.0015 \text{ g}}{0.0113 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= 13.2743\%$$

e. Isolat S₁₁

$$\text{Kehilangan berat kering} = \frac{0.0118 \text{ g} - 0.0109 \text{ g}}{0.0118 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= \frac{0.0009 \text{ g}}{0.0118 \text{ g}} \times 100\%$$

$$= 8.25\%$$



LAMPIRAN 5: PEMBUATAN KURVA STANDAR GLUKOSA

1. Pembuatan Larutan Standar Glukosa

Standar glukosa dengan variasi konsentrasi (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1) mg/mL diencerkan dari larutan induk konsentrasi 1 mg/mL. Larutan induk glukosa dibuat sebanyak 25 mL. Cara membuat larutan induk glukosa adalah

$$\frac{1 \text{ mg}}{1 \text{ mL}} = \frac{10 \text{ mg}}{10 \text{ mL}} = \frac{25 \text{ mg}}{25 \text{ mL}} = \frac{0,025 \text{ g}}{25 \text{ mL}}$$

Larutan induk yang telah dibuat kemudian diencerkan dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 mg/mL sebanyak 5 mL.

a. Konsentrasi 0,2mg/mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \cdot 1 \text{ mg/mL} &= 5 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ mg/mL} \\ V_1 &= 1 \text{ mL larutan induk glukosa} + 4 \text{ mL } waterone \end{aligned}$$

b. Konsentrasi 0,4 mg/mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \cdot 1 \text{ mg/mL} &= 5 \text{ mL} \cdot 0,4 \text{ mg/mL} \\ V_1 &= 2 \text{ mL larutan induk glukosa} + 3 \text{ mL } waterone \end{aligned}$$

c. Konsentrasi 0,6 mg/mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \cdot 1 \text{ mg/mL} &= 5 \text{ mL} \cdot 0,6 \text{ mg/mL} \\ V_1 &= 3 \text{ mL larutan induk glukosa} + 2 \text{ mL } waterone \end{aligned}$$

d. Konsentrasi 0,8 mg/mL

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 \cdot 1 \text{ mg/mL} &= 5 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ mg/mL} \end{aligned}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL larutan induk glukosa} + 1 \text{ mL waterone}$$

e. Konsentrasi 1 mg/mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

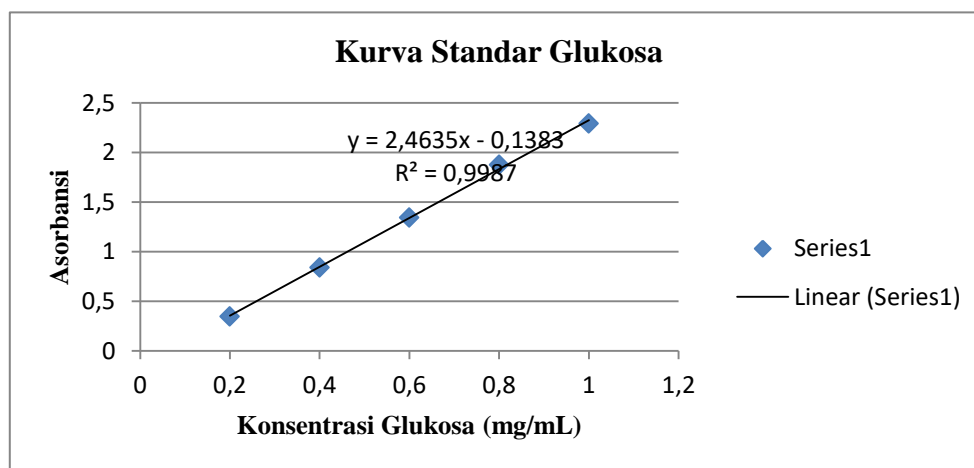
$$V_1 \cdot 1 \text{ mg/mL} = 5 \text{ mL} \cdot 1 \text{ mg/mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL larutan induk glukosa}$$

2. Data Absorbansi Larutan Standar Glukosa

Konsentrasi Larutan Standar (mg/mL)	Absorbansi $\lambda=540 \text{ nm}$
0,0	0,000
0,2	0,346
0,4	0,841
0,6	1,344
0,8	1,876
1	2,292

3. Kurva Standar Glukosa



LAMPIRAN 6: PENENTUAN KADAR GLUKOSA PADA SAMPEL

a. Data Konsentrasi Glukosa pada Sampel

Kode Isolat	Absorbansi $\lambda=540$ nm
S ₂	0,899
S ₃	0,825
S ₄	1.175
S ₁₀	3.344
S ₁₁	0,603

1. Konsentrasi Glukosa pada Sampel

$$y = 2.4635x - 0,1383$$

$$x = \frac{y+0,1383}{2,4635}$$

Keterangan:

y = Absorbansi

x = Konsentrasi Glukosa (mg/mL)

1.) Konsentrasi Glukosa Pada Isolat S₂

$$[\text{Glukosa}] = \frac{y+0,1383}{2,4635}$$

$$= \frac{1.175+0,1383}{2,4635}$$

$$= \frac{1.3133}{2,4635}$$

$$= 0,5331 \text{ mg/mL}$$

2.) Konsentrasi Glukosa Pada Isolat S₃

$$\begin{aligned} [\text{Glukosa}] &= \frac{y+0,1383}{2,4635} \\ &= \frac{0,899+0,1383}{2,4635} \end{aligned}$$

$$= \frac{1,0373}{2,4635}$$

$$= 0,4210 \text{ mg/mL}$$

3.) Konsentrasi Glukosa Pada Isolat S₄

$$\begin{aligned} [\text{Glukosa}] &= \frac{y+0,1383}{2,4635} \\ &= \frac{0,603+0,1383}{2,4635} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,7413}{2,4635}$$

$$= 0,3009 \text{ mg/mL}$$

4.) Konsentrasi Glukosa Pada Isolat S₁₀

$$\begin{aligned} [\text{Glukosa}] &= \frac{y+0,1383}{2,4635} \\ &= \frac{3,344+0,1383}{2,4635} \end{aligned}$$

$$= \frac{3,4823}{2,4635}$$

$$= 1,4135 \text{ mg/mL}$$

5.) Konsentrasi Glukosa Pada Isolat S₁₁

$$[\text{Glukosa}] = \frac{y+0,1383}{2,4635}$$

$$= \frac{0,825+0,1383}{2,4635}$$

$$= \frac{0,9633}{2,4635}$$

$$= 0,3910 \text{ mg/mL}$$



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R

LAMPIRAN 7: PENENTUAN AKTIVITAS SELULASE PADA SAMPEL

$$AE = \frac{[\text{Glukosa}]}{\text{Mr Glukosa}} \times \frac{Fp}{VE} \times \frac{VS}{t} \times 1000 \mu\text{mol/mmol}$$

Keterangan:

AE = Aktivitas Enzim (U/mL)

Mr Glukosa = 180 mg/mmol

Fp = Faktor Pengenceran

VE = Volume Enzim (mL)

VS = Volume Substrat (mL)

t = Waktu Inkubasi (Menit)

1) Aktivitas Enzim Selulase Isolat S₂

$$\begin{aligned} AE &= \frac{[\text{Glukosa}]}{\text{Mr Glukosa}} \times \frac{Fp}{VE} \times \frac{VS}{t} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\ &= \frac{0,5331 \text{ mg/mL}}{180 \text{ mg/mmol}} \times \frac{1}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{60 \text{ menit}} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\ &= \frac{533,1 \mu\text{mol/mL}}{10.800 \text{ menit}} \\ &= 0,049361 \mu\text{mol/mL.menit} \\ &= 4,9361 \times 10^{-2} \text{ U/mL} \end{aligned}$$

2) Aktivitas Enzim Selulase Isolat S₃

$$\begin{aligned} AE &= \frac{[\text{Glukosa}]}{\text{Mr Glukosa}} \times \frac{Fp}{VE} \times \frac{VS}{t} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\ &= \frac{0,4210 \text{ mg/mL}}{180 \text{ mg/mmol}} \times \frac{1}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{60 \text{ menit}} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{421 \mu\text{mol/mL}}{10.800 \text{ menit}} \\
 &= 0,038981 \mu\text{mol/mL.menit} \\
 &= 3,8981 \times 10^{-2} \text{ U/mL}
 \end{aligned}$$

3) Aktivitas Enzim Selulase Isolat S₄

$$\begin{aligned}
 \text{AE} &= \frac{[\text{Glukosa}]}{\text{Mr Glukosa}} \times \frac{\text{Fp}}{\text{VE}} \times \frac{\text{VS}}{t} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\
 &= \frac{0,3009 \text{ mg/mL}}{180 \text{ mg/mmol}} \times \frac{1}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{360 \text{ menit}} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\
 &= \frac{300,9 \mu\text{mol/mL}}{10.800 \text{ menit}} \\
 &= 0,0278611 \mu\text{mol/mL.menit} \\
 &= 2,7861 \times 10^{-2} \text{ U/mL}
 \end{aligned}$$

4) Aktivitas Enzim Selulase Isolat S₁₀

$$\begin{aligned}
 \text{AE} &= \frac{[\text{Glukosa}]}{\text{Mr Glukosa}} \times \frac{\text{Fp}}{\text{VE}} \times \frac{\text{VS}}{t} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\
 &= \frac{1,4135 \text{ mg/mL}}{180 \text{ mg/mmol}} \times \frac{1}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{60 \text{ menit}} \times 1000 \mu\text{mol/mmol} \\
 &= \frac{1.413,5 \mu\text{mol/mL}}{10.800 \text{ menit}} \\
 &= 0,130879 \mu\text{mol/mL.menit} \\
 &= 13,0879 \times 10^{-2} \text{ U/mL}
 \end{aligned}$$

5) Aktivitas Enzim Selulase Isolat S₁₁

$$\begin{aligned}
 AE &= \frac{[\text{Glukosa}]}{\text{Mr Glukosa}} \times \frac{F_p}{V_E} \times \frac{V_S}{t} \times 1000 \text{ } \mu\text{mol/mmol} \\
 &= \frac{0,3910 \text{ mg/mL}}{180 \text{ mg/mmol}} \times \frac{1}{1 \text{ mL}} \times \frac{1 \text{ mL}}{60 \text{ menit}} \times 1000 \text{ } \mu\text{mol/mmol} \\
 &= \frac{391 \text{ } \mu\text{mol/mL}}{10.800 \text{ menit}} \\
 &= 0,036200 \text{ } \mu\text{mol/mL.menit} \\
 &= 3,6200 \times 10^{-2} \text{ U/mL}
 \end{aligned}$$



LAMPIRAN 5 : GAMBAR

1. Pengambilan Sampel



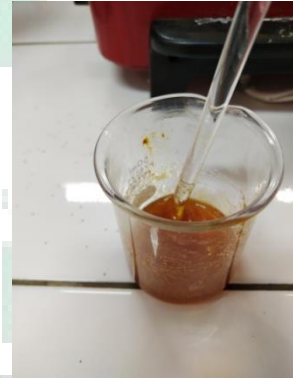
2. Pembuatan media



Menimbang media



Memanaskan air



Melarutkan media



Dimasukkan dalam erlenmeyer



Diautoclave selama 20 menit



Media selektif



Media inokulum

3. Preparasi sampel



Dishaker suspense
selama 30 menit



Dibuat seri pengenceran



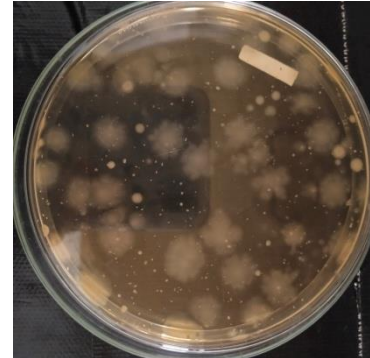
Divortex \pm 20detik



Dituang media ke
cawan petri



Diinkubasi selama
48 jam 37°C



Setelah diinkubasi 48
jam

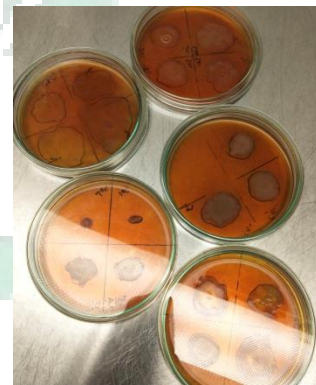
4. Skrining bakteri



Diinkubasi media agar



Ditetesi dengan congo
red 1% dan dibilang
dengan NaCl 1M



Hasil

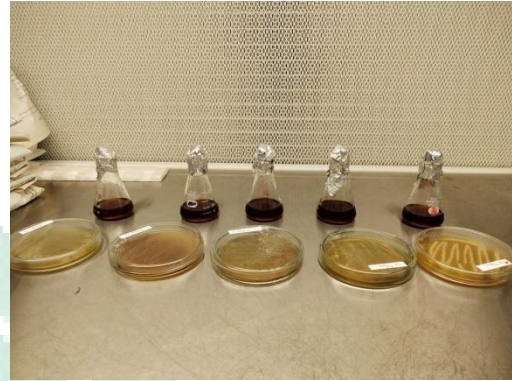
5. Degradasi selulosa



Menimbang TKKS



Melarutkan media produksi



Media produksi dan isolat



Diambil satu ose isolat



Dimasukkan ke media produksi



Di masukkan selulosa tandan kosong kelapa sawit



Dishaker kecepatan 180 rpm

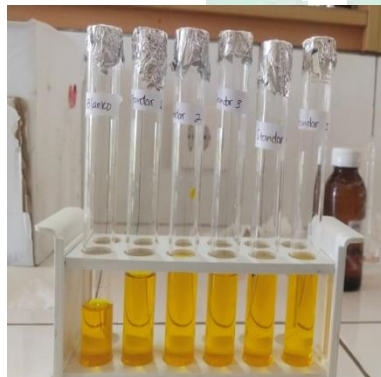
6. Pengujian aktifitas menggunakan DNS



Larutan sampel
diinkubasi 60 menit
suhu 37°C



Larutan sampel
diinkubasi 60 menit
suhu 37°C



Larutan standar
sebelum dipanaskan



Larutan sampel
sebelum dipanaskan

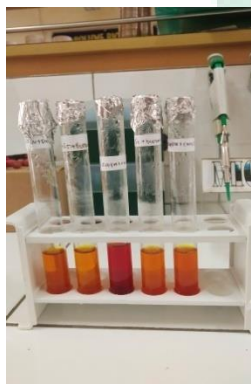
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
M A K A S S A R



Dipanaskan hingga
berubah warna



Larutan standar
setelah dipanaskan



Larutan sampel setelah
dipanaskan



Dihitung
absorbansinya

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
ALAUDDIN
MAKASSAR

BIOGRAFI



Irma Rahayu atau bisa dipanggil imma, lahir di Wotu, Kabupaten Luwu Timur pada tanggal 11 Oktober 1996. Peneliti merupakan anak pertama dari 4 bersaudara dari pasangan Baraman dan Rosma. Pada tahun 2003 menempuh pendidikan sekolah dasar di 125 Maramba kemudian melanjutkan pendidikannya pada tahun 2009 di tingkat SMP di SMP NEGERI 3 WOTU dan melanjutkannya di bangku SMA pada tahun 2012 di SMA NEGERI 1 WOTU.

Jenjang pendidikan selanjutnya untuk tingkat S1 peneliti melanjutkan ke perguruan tinggi di Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar mengambil jurusan Kimia Sains Fakultas Sains dan Teknologi. Semasa menginjakkan kaki dibangku kuliah peneliti berkecimpung dalam organisasi kemahasiswaan. Alhamdulillah peneliti dapat menyelesaikan S1-nya pada tahun 2021.

ALAUDDIN
MAKASSAR